

UNIVERSITE DU QUEBEC À TROIS-RIVIERES

SPECIALISATION HEMISPHERIQUE  
ET SENSIBILITE SPECTRALE

PAR

ALAIN ST-ARNAUD

DEPARTEMENT DE PSYCHOLOGIE  
FACULTE DES ARTS ET DES SCIENCES

MEMOIRE PRESENTE AU DEPARTEMENT DES ETUDES SUPERIEURES  
EN VUE DE L'OBTENTION DE LA  
MAITRISE ES ARTS (PSYCHOLOGIE)

AVRIL 1987

Université du Québec à Trois-Rivières

Service de la bibliothèque

Avertissement

L'auteur de ce mémoire ou de cette thèse a autorisé l'Université du Québec à Trois-Rivières à diffuser, à des fins non lucratives, une copie de son mémoire ou de sa thèse.

Cette diffusion n'entraîne pas une renonciation de la part de l'auteur à ses droits de propriété intellectuelle, incluant le droit d'auteur, sur ce mémoire ou cette thèse. Notamment, la reproduction ou la publication de la totalité ou d'une partie importante de ce mémoire ou de cette thèse requiert son autorisation.

## Table des matières

Introduction .....	1
Chapitre premier - Spécialisation hémisphérique, sensibilité spectrale ..	4
Contexte théorique et expérimental .....	5
Hypothèse .....	24
Chapitre 11 - description de l'expérience .....	25
Sujets .....	26
Appareils .....	26
Déroulement de l'expérience .....	34
Contrôles .....	39
Chapitre 111 - Analyse des résultats et discussion.....	41
Méthode d'analyse .....	42
Résultats .....	44
Discussion .....	54
Conclusion .....	61

Appendice A - Résultats au test de Ishiara .....	64
Appendice B - Tableaux des résultats pour P.N. 10 .....	66
Appendice C - Tableaux des résultats pour J.L. 20 .....	79
Appendice D - Tableaux des résultats pour R.A. 30 .....	92
Appendice E - Tableaux moyens pour tous les sujets .....	105
Appendice F - Figures des résultats individuels et figure moyenne .....	110
Appendice G - Résultats de l'analyse de variance et de Student .....	121
Références .....	132

## Sommaire

Cette recherche a pour but d'évaluer la sensibilité spectrale photopique et scotopique dans les deux héli-champs visuels de façon à déterminer la compétence de chaque hémisphère à traiter l'information spectrale.

La méthode d'analyse consiste à établir le point d'égalité subjectif (P.E.S.) de sujets à partir de filtres qui couvrent l'ensemble du champ visible de l'oeil. Pour ce faire, la méthode des limites est employée. Il s'agit de tracer les courbes de sensibilité spectrale photopique et scotopique de chacun des sujets à partir du P.E.S. et de la valeur objective (P.P.) prise avec l'aide d'un photomètre. De cette façon, il est possible de déterminer s'il existe une différence significative entre les deux champs visuels.

Les résultats obtenus confirment l'hypothèse de notre travail. Il semble qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux héli-champs visuels à traiter l'information lumineuse. Il ne semble pas non plus y avoir de différence significative entre les courbes de la Commission Internationale d'Electricité (C.I.E.) obtenues en champ central et celles en périphérie.

Il apparaît donc, qu'à dix degrés en périphérie, la rétine possède des récepteurs aussi sensibles que ceux de la zone fovéale pour capter l'information spectrale. De même, il semble que les récepteurs en périphérie pour la vision photopique ne seraient pas plus sensibles que ceux de la fovéa aux courtes

longueurs d'onde. Nos résultats suggèrent, en accord avec d'autres auteurs, que les deux hémisphères sont également compétents pour traiter l'information spectrale.

## Introduction

Cette étude se situe dans le courant des recherches sur la spécialisation hémisphérique du cerveau humain mentionnées pour la première fois par Marx (1836: voir Hécaen, 1977).

L'expérience consiste à déterminer les points d'égalité subjectifs (P.E.S.) photopiques et scotopiques pour chacun des champs visuels de six sujets. Il s'agit de tracer les courbes de sensibilité spectrale pour chacun des hémis-champs visuels des sujets en utilisant comme méthode d'analyse, la méthode des limites.

La comparaison des courbes obtenues pour chacun des champs visuels démontrera s'il existe une différence significative entre eux, ce qui indiquerait la prédominance d'un hémisphère à traiter l'information spectrale. Nos résultats seront en outre comparés aux courbes standards de la Commission Internationale d'Electricité (C.I.E.), ce qui permettrait une vue en parallèle des sensibilités spectrales photopique et scotopique en présentation centrale et en présentation périphérique.

L'originalité de cette recherche provient du fait que plusieurs recherches ont porté sur la sensibilité spectrale depuis le début du siècle (e.g. Abramov et Gordon, 1977; Stabell et al. 1976, 1977, 1978; Wald, 1945; Weale, 1953a, b, 1956, 1975; Wooten et al. 1975), néanmoins aucune n'a touché à la spécialisation hémisphérique.

Il existe seulement quelques recherches qui ont abordé le domaine de la spécialisation hémisphérique en utilisant toutefois une approche colométrique.



Certaines montrent un avantage de l'hémisphère droit (Davidoff, 1976; Ruggierri et Morelli, 1985) alors que d'autres trouvent un avantage de l'hémisphère gauche (Malone et Hannay, 1978; Schmit et Davis, 1974). D'autres encore ne trouvent aucune différence (Dimond et Beaumont 1972; Dyer, 1973; Hannay, 1979).

Dans l'expérience présentée ici, avec une approche photométrique, nous tenterons d'évaluer la sensibilité spectrale photopique et scotopique pour les hémis-champs visuels gauche et droit et, de ce fait, comparer la compétence de chaque hémisphère à traiter l'information spectrale.

## Chapitre premier

### Spécialisation hémisphérique et sensibilité spectrale

L'apport considérable de nombreux chercheurs en neuropsychologie a permis l'émergence de la question de la spécialisation hémisphérique. On doit, semble-t-il, attribuer à Marc Dax, médecin à La Sommières, la première indication, et cela dès 1836, d'une possible spécialisation d'un des deux hémisphères pour une fonction mentale supérieure (Hécaen, 1977).

Mais la notion de dominance cérébrale n'a été établie véritablement que près de trente ans plus tard, quelques années à peine après que le principe de la localisation des fonctions au niveau des hémisphères cérébraux eut été admis par la communauté scientifique. En effet, si dans son Mémoire de 1861, Broca localisait la faculté du langage articulé dans une aire précise du cortex frontal (Hécaen, 1977), quatre années devront s'écouler avant qu'il ne se crût en droit d'affirmer la dominance de l'hémisphère gauche pour cette fonction particulière.

Depuis Dax, cette question de la spécialisation hémisphérique a suscité de grandes controverses autant dans le domaine clinique que dans le domaine expérimental. Quantité de recherches ultérieures ont permis de mettre à jour certaines fonctions ou processus de traitement propres à chaque hémisphère cérébral, mais la dichotomie radicale concernant la dominance d'un hémisphère sur l'autre pour une fonction donnée n'est toujours pas résolue.

Toutefois, on a abordé pendant longtemps le thème de la spécialisation hémisphérique sous l'angle de la traditionnelle dichotomie entre le verbal et le non-verbal. Dans le contexte actuel des recherches, il serait préférable de redéfinir le terme dominance hémisphérique ou asymétrie hémisphérique

comme correspondant à des impacts d'intégration plus forts d'un côté pour une fonction plutôt qu'à une activité cérébrale unilatérale.

Cette définition moins astreignante expliquerait la tendance des plus récentes recherches à suggérer une division du travail entre les deux hémisphères cérébraux pour la production de certaines fonctions. Par exemple, il a été démontré que le traitement de la reconnaissance d'un visage est analysé par l'hémisphère droit si l'intensité lumineuse est basse et par l'hémisphère gauche si l'intensité est élevée (Sergent, 1982). Ainsi, les deux hémisphères cérébraux peuvent contribuer, chacun à leur manière, à la production d'une fonction donnée, mais l'un des deux peut présenter un avantage sur l'autre, marquant ainsi de sa dominance hémisphérique pour une tâche particulière.

Avant d'aborder le thème central de cette recherche, soit l'asymétrie de la perception de la lumière, un survol des recherches antérieures se rapportant aux autres fonctions dominantes de chaque hémisphère cérébral sera présenté afin de cerner les grandes découvertes dans ce domaine. Une insistance particulière sera accordée à l'aspect de l'asymétrie de la couleur car le thème de la sensibilité spectrale y est intimement relié.

### Les fonctions dominantes de l'hémisphère cérébral gauche

Le mode de fonctionnement de l'hémisphère gauche est focal puisqu'il est attentif aux détails (Bradshaw et Nettleton, 1981). Il est plus apte que l'hémisphère droit en ce qui a trait à l'analyse des séquences temporelles et spatiales (Efron, 1963b; Gordon, 1978). L'hémisphère gauche se voit aussi

attribuer les fonctions analytiques, linguistiques et abstraites (Bradshaw et Nettleton, 1982; Gazzaniga et Le Doux, 1978; Ornstein, 1973b). Il lui est reconnu une fonction analytique car il traite les informations sur un mode successif propre à la pensée logique qui réclame un ordre et une continuité déductive (Kinsbourne, 1981; Ornstein, 1973b).

Au niveau du langage et de sa compréhension, plusieurs recherches plus anciennes et contemporaines portant sur des populations normales et cliniques font mention de la dominance de l'hémisphère gauche pour le langage humain et les fonctions linguistiques: stimuli verbaux, maniement des éléments de base du langage (syllabes, mots, syntaxe, relations grammaticales), production, perception et cognition du matériel verbal (lecture, écriture, langage), mots abstraits, etc. (Branch et al., 1964; Galin et Ornstein, 1972; Gardner, 1981; Gazzaniga, 1967; Goodglass et Calderon, 1977; Kolb, 1978; Milner, 1973, 1974). Les recherches cliniques viennent appuyer ces résultats puisque des lésions de l'hémisphère gauche provoquent des déficiences dans le langage communément appelées "aphasie" (de Broca et de Wernicke) tel qu'il a été rapporté par Gardner (1975) et Pincus et Tucker (1978).

De plus, pour la fonction d'abstraction chez des sujets normaux, il faut noter le calcul (opérations arithmétiques) (Kolb, 1978), la production, la perception et la cognition du matériel verbal (lecture, écriture, langage) et de mots abstraits (Branch et al., 1964; Balin et Ornstein, 1972; Gardner, 1981; Goodlass et Calderon, 1977; Kimura, 1973; Milner, 1973, 1974). À ce titre, l'hémisphère gauche fut longtemps considéré comme "dominant" à cause de sa capacité symbolique tandis que l'hémisphère droit était perçu comme étant "mineur". Nous aurons l'occasion de constater dans la partie suivante les compétences précieuses de l'hémisphère

droit ainsi que sa contribution au traitement de l'information linguistique attribué jusqu'à récemment à l'hémisphère gauche.

Parmi les autres fonctions à dominance de l'hémisphère gauche, à caractère non-verbal chez les sujets normaux, nous pouvons noter la perception de figures géométriques simples (Umiltà et al., 1978), la reconnaissance des extraits de mélodies peu familières (Gates et Bradshaw, 1977), la reconnaissance de visages familiers (Gazziniga et Le Doux, 1978; Marzi et al., 1974; Sergent, 1982). Aussi, Polzella et al. (1977) démontrent une asymétrie cérébrale à savoir que l'hémisphère gauche serait plus impliqué dans l'analyse du temps de perception d'un stimulus lumineux. Koch et al. (1980) proposent une étude similaire en modifiant les paramètres du stimulus. La présentation lumineuse varie en dimension et en couleur. Ils remarquent l'évidence d'une asymétrie, mais aucune évidence d'une dominance cérébrale pour cette fonction.

Chez les sujets atteints de lésions à l'hémisphère gauche, certains déficits sont observés et viennent renforcer les observations faites chez les sujets normaux: difficulté à imiter un mouvement (Kolb, 1978), déficits dans d'autres habiletés cognitives complexes comme dans les mathématiques, dans la résolution de problèmes, dans les constructions à trois dimensions et dans le dessin (Gardner, 1975).

### Les fonctions dominantes de l'hémisphère cérébral droit

La seconde partie est dédiée aux fonctions dominantes de l'hémisphère droit, longtemps relégué, comme il a été mentionné précédemment, au second plan à cause de la qualification d'hémisphère "mineur" en regard du peu de

connaissance de ses compétences propres. Cependant, les récentes études indiquent clairement la complexité et la polyvalence de cet hémisphère par rapport à son homologue, l'hémisphère gauche, et obligent aujourd'hui à remettre en question son étiquette d'hémisphère dit mineur. En effet, l'hémisphère droit est doté d'une pensée concrète, synthétique et holistique (ou gestaltique) (Gazzaniga et Le Doux, 1978). Cet hémisphère traite les informations de manière plus diffuse en les intégrant sur un mode simultané plutôt que linéaire (Ornstein, 1973b).

Les compétences spécifiques de l'hémisphère droit sont maintenant reconnues notamment dans le domaine de l'appréhension de l'espace (Gardner, 1981; Hécaen, 1977), des aptitudes musicales et de la reconnaissance des émotions (Geshwind, 1972; Ley et Bryden, 1982). Il a été constaté aussi, grâce à la technique de l'écoute dichotique (Broadbent, 1954), que l'hémisphère droit joue un rôle dans le traitement de l'information non-verbale auditive tels les signaux sonores (Chaney et Webster, 1966), les vocalisations non-verbales (Spellary et Blumstein, 1970), les sons environnementaux (Curry, 1967; Knox et Kimura, 1970), les mélodies (Kimura, 1964, 1973; Dee, 1971) et les accords musicaux (Gordon, 1970). La prédominance de l'hémisphère droit est présente aussi lors de l'identification de tons émotionnels (Blumstein et Cooper, 1974) de même que lors de la reconnaissance de stimuli musicaux, et ce, quelles que soient les mélodies entendues (Gardner, 1975; Gates et Bradshaw, 1977).

En plus de ces compétences non-verbales, l'hémisphère droit serait important dans le traitement de l'information linguistique, particulièrement au niveau de la sémantique. Les travaux de Zaidel (1976) concluent que l'hémisphère droit utilise des indices sémantiques et contextuels plus que ne le

fait l'hémisphère gauche. Zaidel (1984) réaffirmait récemment que l'hémisphère droit possède un système lexical très développé. Des sujets lésés à droite montrent en effet une difficulté à saisir le contexte d'une phrase de même que le sens des métaphores (Segalowitz, 1981). Ils ont, de plus, de la difficulté à interpréter la signification de l'intonation d'une phrase (Blumstein et Cooper, 1974). En plus, Gardner (1975) constate que la compréhension de l'appréciation des liens entre les différentes parties d'un discours dépend aussi de l'hémisphère droit. Les études portant sur la capacité linguistique de l'hémisphère droit amènent donc à croire que les deux moitiés du cerveau peuvent posséder des habilités communes. Toutefois, les deux hémisphères utiliseraient des stratégies différentes pour traiter l'information (Bever et Chiarello, 1974; Levy, 1974; voir Moscovitch, 1976; Gazzaniga, 1971).

Si l'on revient pour un instant à l'aspect des fonctions spatiales, les contributions de l'hémisphère droit semblent évidentes. Tels sont les cas de l'orientation dans l'espace (Kimura, 1973; Ornstein, 1973b), les dons artistiques (dessin, peinture, sculpture) (Kimura, 1973; Ornstein, 1973b), la conscience corporelle (l'habillement) (Ornstein, 1973b), la reconnaissance des lieux (Ornstein, 1973a), la perception gestaltique (Nebes, 1973), le jugement du tout à partir de quelques parties seulement (Gardner, 1975) et la perception de la profondeur (Durnford et Kimura, 1971). Pour cette dernière, une étude de Julez et al. (1976), après avoir reproduit le même type d'expérience que Durnford et Kimura, n'a pas retrouvé des résultats similaires. Ils ont plutôt conclu qu'il y avait une différence si les stimuli présentés en profondeur étaient des lettres au lieu de lignes.



Enfin, parmi les autres fonctions dominantes particulières de l'hémisphère droit, signalons les dons d'imagination et d'intuition (Ornstein, 1973b), la reconnaissance des objets et stimuli faciaux (Klein et al., 1976; Patterson et Bradshaw, 1975; Sargent, 1982) et le siège de l'activité onirique (sommeil paradoxal) (Penfield, voir Bakan, 1977; Galin, 1974).

Les données rapportées jusqu'à présent proviennent de recherches effectuées sur des sujets normaux. L'équivalent existe également sur le plan clinique puisque des lésions à l'hémisphère droit provoquent plusieurs déficits qui vont dans le sens de carences au niveau des fonctions identifiées pour cet hémisphère.

Toutes ces données tendent à confirmer la répartition de plus en plus courante de plusieurs fonctions cérébrales au niveau des deux hémisphères. Leur contribution spécifique à différentes tâches rend de plus en plus difficile la démarcation entre chaque hémisphère concernant leurs contributions originales. Cela est d'autant plus vrai dans le domaine de la spécialisation hémisphérique en ce qui concerne la sensibilité spectrale.

### La spécialisation hémisphérique dans le domaine de la sensibilité spectrale

Les recherches sur la sensibilité spectrale sont considérables depuis le début du siècle. Celles touchant l'étude de la sensibilité relative de la rétine humaine aux diverses longueurs d'onde le sont moins. Celles portant sur la spécialisation hémisphérique par rapport à la sensibilité spectrale sont encore plus restreintes. Nous tenterons de démontrer, dans la présente partie, la nécessité d'une telle recherche sur la spécialisation hémisphérique dans le domaine de la sensibilité spectrale.

La lumière est le stimulus adéquat de l'oeil. C'est-à-dire que le mode usuel et approprié de stimuler la rétine est la lumière visible même si celle-ci réagit à d'autres stimulations telles que: phosphènes électriques, mécaniques et induits par les rayons-X.

L'oeil est non seulement sensible à la qualité de la lumière du point de vue des longueurs d'onde, mais il fonctionne aussi à l'intérieur d'une gamme d'intensité. Cette gamme d'intensité est étendue car l'oeil peut distinguer quelques quanta (le quantum est la plus petite parcelle possible de lumière) jusqu'à une intensité de quelques milliards de fois plus élevée. L'oeil peut donc distinguer à très basse luminance, et ceci représente le domaine scotopique. A ces niveaux de luminance, seuls les bâtonnets fonctionnent. Alors que le domaine photopique, lui, est caractérisé par les hautes luminances. Dans ce domaine, les cônes sont essentiellement les seuls à fonctionner et ils nous fournissent la vision des couleurs et des détails.

Le photomètre est un appareil de mesure dont l'indication est théoriquement proportionnelle au flux énergétique total qui tombe sur leur

surface réceptive: il mesure donc l'énergie rayonnante indépendamment de la longueur d'onde. Un tel appareil est appelé récepteur neutre. En revanche, l'oeil, la plaque photographique et les cellules photo-réceptives sont des récepteurs sélectifs, dont la sensibilité est fonction de la longueur d'onde.

Ainsi, en raison de l'importance pratique considérable de la courbe de luminosité, il a été nécessaire de choisir une courbe standard à laquelle on puisse rapporter les mesures photométriques. Gibson et Tyndall (1923) ont proposé, dans ce but, une fonction de visibilité photopique moyenne établie d'après des statistiques portant sur plus de 200 sujets. Cette courbe a été adoptée en 1924 par le VI<sup>ème</sup> Congrès International de l'Eclairage pour définir l'observateur fictif moyen. C'est la courbe de visibilité C.I.E. (I.C.I. Standard luminosity curve).

Toutefois, à partir des mesures faites sur une cinquantaine de sujets, la C.I.E. a adopté en 1951 une courbe moyenne qui définit un sujet fictif appelé "observateur de référence photométrique pour la vision scotopique" (Le Grand, 1960). Les courbes de la C.I.E. ont été souvent reprises par le groupe de recherche de la C.I.E., augmentant ainsi le nombre de sujets qui ont constitué cette courbe standard et dont le nombre aujourd'hui atteint le millier (C.I.E., 1968) (figure 1).

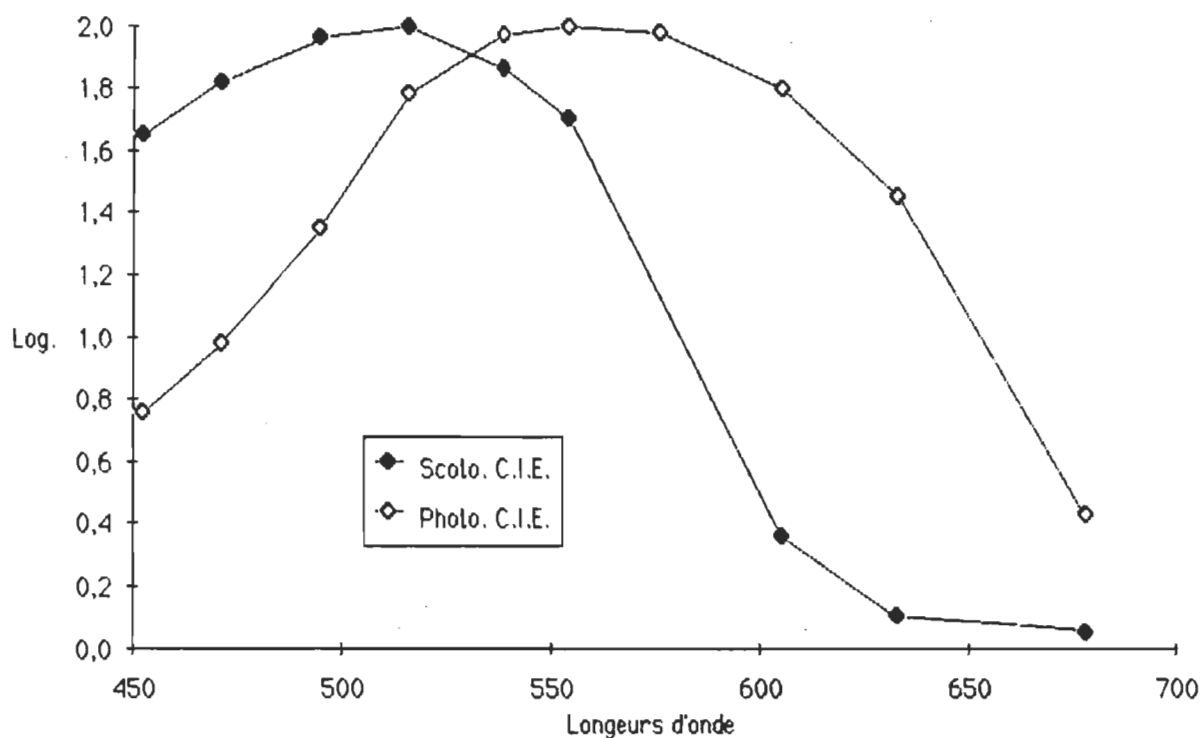


Figure 1: les courbes de visibilité photopique et scotopique de la C.I.E.

Au sujet de ces courbes, il faut mentionner la mémorable observation que Purkinje fit, en 1825 (Riggs, 1965): des surfaces peintes respectivement en rouge et en bleu, qui paraissaient de luminances sensiblement égales à la lumière du jour, semblaient très différentes au petit jour, les surfaces bleues étant alors beaucoup plus claires que le rouges. De même si on réduit considérablement l'état d'un spectre, celui-ci sera perçu comme incolore et on constatera que la zone la plus lumineuse s'est déplacée vers les faibles longueurs d'onde. Ces observations montrent à l'évidence que la sensibilité de l'oeil aux diverses radiations évolue selon le niveau lumineux et l'état d'adaptation du sujet, ce qui,

de manière plus précise, se traduit par une modification de la courbe de luminosité dont le maximum se trouve déporté vers le bleu (courbe de luminosité scotopique). C'est le phénomène de Purkinje. Toutefois, une petite aire centrale de la rétine, la fovéa centralis qui se situe à un angle d'environ 1,5 degré contient seulement des cônes. Dans cette région, par conséquent, aucun phénomène de Purkinje n'est observé (Wald, 1945).

Le domaine d'étude de la sensibilité spectrale ne peut être séparé de celui portant sur la couleur car celle-ci est un sous-ensemble de ce dernier. En effet, la topographie du spectre des couleurs, et ce pour toute la rétine, est à la base de la compréhension de la sensibilité en tant que longueur d'onde.

La vision de la rétine en périphérie a déjà été classifiée comme dichromatique (rouge-vert) entre 20 et 30 degrés pour les paramètres consistant à nommer les couleurs, à discriminer les teintes et à jumeler des couleurs (Boynton et al., 1964; Moreland et Cruz, 1959; Weale, 1953a; Moreland 1972). Cette conclusion n'était pas en accord avec certaines études portant sur la sensibilité spectrale en périphérie qui indiquaient la présence de trois types de cônes même à l'extrême périphérie (Wooten et Wald, 1973; Weale, 1953a).

Cette conception rejoint la théorie du système non-opposé, c'est-à-dire l'idée de la fusion de cônes à moyennes et longues longueurs d'onde dont les inputs ont un site neuronal commun (Boynton, 1979). Sous ce système, la courbe de sensibilité spectrale est caractérisée par un maximum de près de 555 nanomètres (nm), dont la forme globale correspond à la courbe photopique de la C.I.E. Plusieurs études montrent l'évidence qu'avec le système non-opposé, les fonctions de la sensibilité spectrale photopique se retrouvent en périphérie

éloignée avec une pointe à 555 nm, caractéristique du système non-opposé (Wooten et al., 1975; Verriest et Uvijls , 1977).

Avec ces études, nous sommes en mesure de constater que la sensibilité spectrale photopique est représentée en périphérie tout en sachant que la périphérie a une prédominance marquée de bâtonnets.

### L'asymétrie de la couleur

Nous allons maintenant considérer d'une façon particulière les études portant sur la perception de la couleur en champ périphérique. Pour le domaine de la discrimination des couleurs en dehors de la fovéa, des résultats équivoques ressortent en ce qui concerne le rôle des hémisphères. En effet, certaines recherches tendent à montrer une supériorité dans le champ visuel gauche lors d'une tâche de discrimination des couleurs (Hannay, 1979; Pennal, 1977; Pirot et al. 1977). Pirot et al. (1977), pour leur part, ont démontré que le temps de réaction pour les stimuli présentés dans le champ visuel gauche était significativement plus bref que pour ceux présentés dans l'autre champ. Ici, l'asymétrie est définie comme une plus ou moins bonne habileté à discriminer entre les couleurs quand elles sont présentées dans le champ visuel droit ou gauche.

Davidoff (1976), quant à lui, présente une recherche sur l'asymétrie hémisphérique en rapport avec le processus de la saturation et de la teinte. Les résultats révèlent une prédominance du champ visuel gauche pour une tâche de discrimination. De plus une autre étude de Davidoff (1975), qui portait cette fois sur la clarté de la perception, relève que les sujets tendent à voir le stimulus

dans le champ visuel gauche comme plus clair. Cette recherche étudiait la perception de la clarté en rapport avec la position dans le champ visuel et la latéralité. Cependant, le cadre expérimental était différent de celui de la recherche sur la sensibilité spectrale en soi. En effet, Davidoff s'était attardé dans cette étude à démontrer un lien entre le temps de réaction pour un stimulus et la latéralité en rapport avec une possible dominance cérébrale .

Sergent (1982), démontre que l'hémisphère droit est capable de traiter une information lumineuse à bas niveau d'énergie plus aisément que l'hémisphère gauche pour de subtiles discriminations de luminance. Toutefois, elle n'utilise pas la luminance comme seul paramètre. Le stimulus de base est la présentation de visages où le niveau de luminance varie lors de la présentation au sujet. Elle trouve alors, qu'à basse intensité, l'hémisphère droit prédomine.

D'autres recherches notent une supériorité dans le champ visuel droit (Malone et Hannay, 1978; Schmit et Davis, 1974). Ainsi, Malone et Hannay emploient une tâche qui demande de discriminer des teintes ainsi qu'une discrimination de la saturation du stimulus. Un intervalle fixe était utilisé entre la présentation du stimulus initial et la comparaison avec le stimulus proprement dit. Les sujets devaient dire si les deux stimuli étaient semblables. Un avantage significatif du champ visuel droit était trouvé pour les deux tâches. Ces résultats suggèrent que l'hémisphère gauche joue un rôle important dans la mémorisation de la couleur. Ces auteurs n'excluent pas la possibilité que le mode de réponse qui était verbal puisse avoir influencé de façon implicite ou explicite les sujets dans leurs tâches.

Il faut dire aussi que certaines recherches ne trouvent aucune supériorité (Dimond et Beaumont, 1972; Dyer, 1973; Hannay, 1979). Dans une étude

similaire à celle effectuée par Malone et Hannay (1978), Hannay (1979) ne trouve aucune évidence qui indiquerait une plus grande implication de l'un ou l'autre hémisphère pour la mémoire des couleurs bien qu'il ne se soit pas attardé au domaine de la luminance du stimulus.

En somme, les résultats que nous avons présentés démontrent que l'hémisphère gauche est davantage spécialisé pour la mémorisation des couleurs, pour l'association des couleurs et pour nommer les couleurs. L'hémisphère droit, lui, est davantage spécialisé pour la discrimination des teintes, pour la discrimination de la saturation et pour la luminance (en rapport avec une forme à définir à basse intensité). D'autres résultats démontrent aussi qu'il n'y a pas de différence dans le traitement de l'information pour la mémorisation des couleurs.

Plus récemment, Ruggieri et Morelli (1985) ont proposé l'hypothèse d'une asymétrie concernant une perception chromatique entre les deux hémisphères pour les paramètres de la saturation et de la clarté. Ici la clarté réfère à celle de la couleur du filtre chromatique seulement et non à l'intensité en fonction des longueurs d'onde. Ces chercheurs ont examiné si la perception d'une saturation ou de la clarté était asymétrique. En d'autres mots, ils ont vérifié si la perception d'un stimulus chromatique, pour les paramètres de la saturation et de la clarté, était d'une façon ou d'une autre régularisée par les lois de la dominance cérébrale. Même si leurs données semblent confirmer l'hypothèse d'une asymétrie de la perception chromatique, ils ne peuvent toutefois admettre sans équivoque l'interprétation d'une signification fonctionnelle de ce phénomène en relation avec la dominance cérébrale.

En effet, ce ne sont pas tous les sujets qui démontrent une dominance perceptuelle en regard de la perception de la couleur. Certains démontrent une



tendance vers une perception symétrique. D'ailleurs, même Ruggieri et Morelli (1985) reconnaissent que le cadre de leur étude ne pouvait leur permettre d'admettre et de confirmer l'hypothèse d'une dominance cérébrale pour la perception de la couleur. Ils soulignent aussi que pour l'asymétrie d'une dominance par rapport à la clarté, l'hémisphère droit comme l'hémisphère gauche peut aussi bien discriminer. Le terme clarté dans le contexte de cette recherche se définit comme l'oeil pour lequel le stimulus chromatique est rapporté comme plus clair. Ils n'ont toutefois pas investigué le paramètre de la luminance en rapport avec la sensibilité spectrale proprement dite.

La discrimination de la couleur au niveau de la fovéa dépend de différents facteurs: la configuration du stimulus dans le temps et l'espace (Van Der Horst et Bouman, 1969; Noorlander et al., 1980), du niveau de luminance (Brown, 1951), de l'illumination des lieux (King-Smith, 1975) et de la dimension du stimulus (Rovamo et Virsu, 1979). Elle est, aussi, souvent décrite en termes théoriques comme un processus de signal opposé et non-opposé. Cependant, aucune explication n'est donnée au sujet de la compréhension du chemin par lequel le signal prend place dans le champ visuel périphérique. Des tendances de deutéranomalie pour la vision périphérique ont été trouvées par la méthode de "nommer la couleur" (Boynton et al., 1964), par celle de la "discrimination de longueur d'onde" (Weale, 1951) et par celle de la "discrimination de la couleur" (Uchikawa et al., 1982).

Gordon et Abramov (1977) constataient l'évidence d'une périphérie trichromate pour la discrimination de teintes. Dans cette expérience ils avaient utilisé des stimuli "equiluminant", desquels ils avaient déterminé la mesure de la sensibilité spectrale à 45 degrés d'excentricité. Moreland et Cruz (1959)

utilisé des stimuli "equiluminant", desquels ils avaient déterminé la mesure de la sensibilité spectrale à 45 degrés d'excentricité. Moreland et Cruz (1959) trouvaient une vision dichromatique à 25 degrés d'excentricité et une vision monochromatique entre 40-50 degrés d'excentricité. En ce qui a trait aux mesures de la sensibilité spectrale pour un champ, sur un fond blanc, Kuijk (1982) indiquait la présence de systèmes opposés et non-opposés (chromatiques et achromatiques) au-dessus de 45 degrés.

Noorlander et al. (1983) montraient l'importance de la dimension de la cible. Ils examinaient le contraste de la couleur sous une perspective spatio-temporelle pour différents points de la rétine en fonction de la dimension. Ils concluaient que la discrimination de la couleur, sous cette perspective, était pratiquement constante en fonction de la dimension de l'excentricité si la cible est ajustée selon un facteur d'éloignement (Rovamo et Virsu, 1979) ou par la distance interganglionnaire (Drasdo, 1977).

Ces facteurs valent autant pour les recherches sur la couleur en périphérie (Van Esch et al., 1984). Alors, il est fort probable, selon ces auteurs, que ces controverses touchant la spécialisation hémisphérique soient reliées à l'un ou l'autre des facteurs qui entraînent des différences au niveau des résultats. Parmi ceux-ci, la composante de la sensibilité spectrale relative à travers le champ visuel a retenu notre attention, car c'est un complément important de la couleur. De plus, suite à notre relevé de la littérature, nous avons constaté qu'aucune recherche n'abordait ce thème sous l'aspect de la spécialisation hémisphérique.

Nous venons de voir que pour le domaine de la couleur, certaines variables sont essentielles à retenir ainsi que certaines controverses au sujet de la trichromasie de la rétine en périphérie. En effet, certaines études démontrent

### Sensibilité spectrale

Cet aspect est très important du fait qu'il nous renseigne sur l'équivalence entre les qualités des récepteurs en champ central et ceux en périphérie. Comme nous l'avons précisé plus haut, la C.I.E. a standardisé les courbes de sensibilité spectrale pour le champ visuel central. Wald (1945) apparaît avoir été le premier à mesurer la sensibilité spectrale relative des cônes en périphérie dans un contexte où le sujet est adapté à la noirceur. Il a comparé la fonction des courbes de sensibilité spectrale photopiques à 8 degrés d'excentricité de la fovéa. Il a trouvé que la fonction de la sensibilité spectrale à 8 degrés en périphérie est plus sensible que la fovéa au-dessous de 578 nanomètres. Au delà de 578 nm, les deux fonctions n'ont pas d'écarts significatifs. Il a suggéré alors que la sensibilité relative aux courtes longueurs d'onde était due à l'absorption de la lumière au niveau de la fovéa par la pigmentation jaune qui marque cette zone.

Trente années plus tard, utilisant la même procédure que Wald (1945), Wooten et al. (1975) étaient capables de mesurer la sensibilité spectrale de la vision des cônes à 30 et 70 degrés. En accord avec Wald, ils trouvaient que les deux fonctions périphériques de la sensibilité spectrale étaient fondamentalement photopiques dans leurs formes, avec une pointe à environ 550 nm (quelque peu au-dessous de la courbe fovéale de Wald). En outre, ces chercheurs trouvaient aussi que les régions périphériques étaient relativement plus sensibles aux courtes longueurs d'onde. Cependant, en opposition avec Wald (1945), et en accord avec la suggestion de Weale (1951, 1956), ils concluaient que l'augmentation de la sensibilité aux courtes longueurs d'onde des régions

(1945), et en accord avec la suggestion de Weale (1951, 1956), ils concluaient que l'augmentation de la sensibilité aux courtes longueurs d'onde des régions périphériques était causée non seulement par la pigmentation jaunâtre dans la région fovéale, mais aussi par une meilleure participation des cônes de la rétine en périphérie.

Cette affirmation a été confirmée dans une récente étude de Stabell et Stabell (1980). De plus cette recherche répond à la controverse soulevée par certains auteurs sur l'activité possible des bâtonnets pour l'évaluation de la sensibilité spectrale au niveau photopique en périphérie (Aguilar et Stiles, 1954; Kinney, 1955; Kinney, 1963; Lie, 1963; Stabell et Stabell, 1975; Walters et Wright, 1943) et ceux qui affirment le contraire (Abramov et Gordon, 1977; Sperling et Hsia, 1957; Wald, 1945; Weale, 1953; Wooten et al., 1975). Ils arrivent à la conclusion que les propriétés du mécanisme en périphérie peuvent être indépendantes de l'activité des bâtonnets à tous les niveaux d'intensité en condition d'adaptation à la noirceur (Sperling, 1957; Stabell et Stabell, 1980; Wald, 1945; Wooten et al., 1975).

De ces recherches sur l'activité des bâtonnets en périphérie, celle de Abramov et Gordon (1977) soulève deux considérations pertinentes. Une première touche la méthode psychophysique employée pour l'évaluation de la sensibilité spectrale qui peut affecter la forme de la courbe. La deuxième propose d'évaluer la sensibilité spectrale en isolant chacun des récepteurs afin d'éliminer l'influence possible de l'un sur l'autre.

À ce sujet, Stabell et Stabell (1981) tiennent compte de ces deux facteurs. Ils démontrent une différence entre la méthode des seuils et celle du vacillement. Ces chercheurs démontrent aussi que la variation de la sensibilité

des bâtonnets en excentricité se rapproche d'assez près de la variation dans le nombre de ces récepteurs, et ceci par unité d'aire. Cela suggère que la densité des bâtonnets peut être un important facteur dans la détermination de la variation de la sensibilité en périphérie.

Notre relevé de littérature révèle qu'il n'y a pas encore eu d'investigation sur la spécialisation hémisphérique qui traiterait de la prédominance d'un hémisphère pour le traitement de la sensibilité à la lumière. Il existe cependant certaines recherches qui touchent en partie à la composante de la lumière par rapport à une asymétrie possible. Ainsi, Davidoff (1974) démontre que des sujets droitiers ont un temps de réaction à un stimulus lumineux plus court lorsqu'il est présenté dans le champ visuel gauche. Il compare des sujets droitiers et gauchers pour une présentation simultanée de deux stimuli lumineux dans les deux champs à la fois. Cette étude n'utilise cependant pas le même cadre théorique que les recherches mentionnées plus haut.

La sensibilité spectrale semble donc être influencée par un ensemble de facteurs autant en champ central qu'en périphérie. Néanmoins, certaines études tendent à démontrer une certaine prédominance de l'hémisphère droit en ce qui concerne le traitement de la luminance du stimulus visuel. Cependant, le cadre expérimental de ces études n'est pas le même que celui des études traditionnelles dans le domaine de la sensibilité spectrale (Wald, 1945; Wooten, 1951).

Alors l'hypothèse que nous formulons maintenant pour élargir la compréhension du domaine de la spécialisation hémisphérique au point de vue de la sensibilité spectrale est la suivante:

- Selon le modèle traditionnel d'étude psychophysique, la compétence de chaque hémisphère à traiter l'information spectrale scotopique et photopique ne devrait pas différer.

## Chapitre 11

### Description de l'expérience

### Sujets

Trois groupes de deux sujets humains neurologiquement normaux ont participé à l'expérience. Le premier groupe est d'un âge moyen de 16 ans et comprend un sujet de sexe féminin et un sujet de sexe masculin. Le deuxième groupe est composé de deux sujets de sexe féminin avec une moyenne d'âge de 20 ans. Le dernier groupe compte aussi deux sujets de sexe féminin mais avec une moyenne d'âge de 29 ans. Chaque sujet a passé le test d'Ishiara (Ishiara, 1960) afin de déceler la présence d'anomalie dans la perception de la couleur. De cette façon, on s'assure de la participation de sujet trichromate.

### Appareils

Il sera présenté dans cette partie les différents appareils utilisés pour la réalisation de l'expérimentation. De plus, nous verrons les conditions expérimentales nécessaires pour une expérimentation dans l'obscurité. En dernier lieu seront démontrées les raisons d'une expérimentation à dix degrés d'excentricité.

Le montage expérimental est une adaptation de celui de Leporé et al. (1975) et Cardu et al. (1975). L'expérience se déroule dans une pièce insonorisée et hermétiquement fermée à toute infiltration de faisceau lumineux. Le



compartiment destiné au sujet est un montage en forme de couloir fabriqué avec un tissu de coton épais de couleur noire (fig. 2). Ainsi, il est complètement hermétique à la lumière qui provient de l'écran cathodique et de l'ampoule rouge de faible intensité utilisée par l'expérimentateur.

Sous cette tente cylindrique se retrouve d'un côté un fauteuil pour le sujet et de l'autre côté la façade de la boîte où se situent les deux plages-stimuli. La distance qui sépare le sujet de la source lumineuse est de 125 centimètres. Les plages-stimuli sont ajustées à mi-chemin par rapport à l'oeil du sujet. C'est dire que l'oeil du sujet se trouve centré entre la plage du haut et celle du bas.

L'espace de l'expérimentateur hors de la tente est également obscur, excepté entre les essais. En effet, une lampe rouge de faible intensité permet pendant ces moments un changement plus facile des filtres et l'inscription de la réponse du sujet. La nécessité d'éliminer toute infiltration lumineuse est l'idée directrice dans le montage de cet appareillage. Elle revêt toute son importance au niveau scotopique. En effet, toute lumière incidente autre que celle des plages-stimuli devient un "bruit" pouvant modifier l'adaptation des yeux et augmenter artificiellement les seuils de sensibilité. Afin de s'assurer de l'étanchéité de l'espace du sujet, l'expérimentateur effectue périodiquement une vérification. Cette dernière consiste à passer 30 minutes dans la chambre obscure du sujet afin de repérer toute infiltration de lumière.

La source lumineuse se compose de quatre lampes tungstène produisant une lumière blanche (G.E. "photoflood" 1000 Watts, 3200 degrés kelvin). Celles-ci sont placées dans une boîte hermétique et le rayon lumineux est dirigé vers

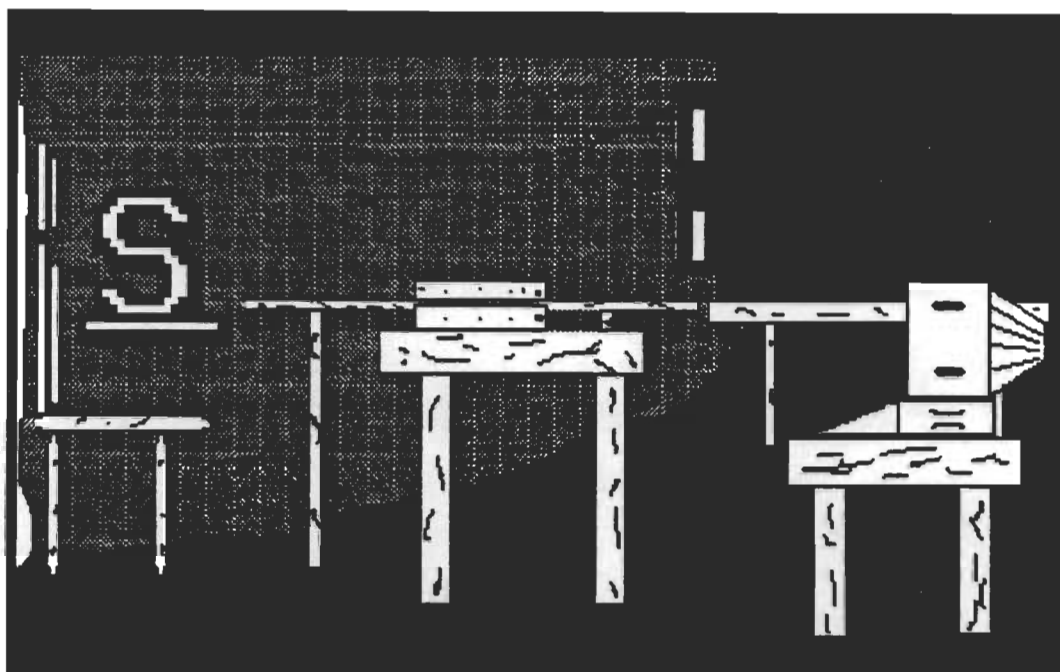


Fig. 2 - Schéma de l'appareillage

le fond de la boîte afin que la lumière projetée par les plages-stimuli le soit par réflexion. De cette façon, l'oeil ne peut être ébloui par un rayon direct, et ce, même si une plaque de verre dépoli couvre de l'intérieur les plages-stimuli. L'intérieur de la boîte est refroidi par un courant d'air produit par un ventilateur logé sur le haut de la boîte. L'air chaud est expulsé à l'extérieur de la pièce. Un autre ventilateur situé au plafond de la pièce en assure l'aération.

A l'aide d'un photomètre (Photovolt no. 52 CM), l'appareillage est calibré de façon à ce que les deux plages-stimuli aient une intensité égale. Pour assurer cette égalité des plages tout au long de l'expérience, des mesures sont souvent prises à l'aide de cet appareil. L'expérimentateur peut faire varier l'intensité des plages lumineuses en utilisant des filtres achromatiques de densités variées. Ceux-ci sont interposés dans une ouverture entre la source lumineuse et l'oeil du

sujet. Tous les filtres utilisés au cours de cette expérience (chromatiques et achromatiques) proviennent de la compagnie Eastman Kodack. Les filtres achromatiques sont des filtres Wratten qui permettent de régler l'intensité de la lumière-stimulus. Ces filtres neutres ont un pourcentage de transmission lumineuse de 0,1, 1, 10, 13, 16, 20, 25, 32, 40, 63 et 80 pourcent respectivement. À l'aide du photomètre, des mesures sont prises afin de contrôler le pourcentage de transmission de ces filtres.

Quant aux filtres colorés, ce sont des filtres Wratten monochromatiques. Ces filtres sont les suivants: 47B, 48, 44, 40, 74, 99, 73, 72B, 29 et 70. Ils correspondent à des longueurs d'onde de 452,7; 471,1; 495,1; 516,2; 538,6; 554,6; 576; 605,7; 632,7 et 678 nanomètres respectivement. Ces filtres sont faits de gélatine et mesurent 7,5 par 7,5 cm. Pour en faciliter la manipulation, ils sont tenus entre deux plaques de verre à diapositive ayant comme dimension 8 cm par 10 cm par 1 mm d'épaisseur.

Le montage expérimental comprend aussi un amplificateur d'onde électrique de type "Grass Experimental". Il sert à amplifier le signal électrique des muscles oculaires afin que ce signal soit d'une fréquence suffisamment élevée pour que le contrôle oculaire puisse se faire par ordinateur. Il sera expliqué dans une partie subséquente l'aspect descriptif des divers appareils. Cette amplificateur a comme autre fonction d'aider à délimiter l'angle périphérique attendu pour lequel la sensibilité spectrale sera étudiée. L'activité électrique des muscles oculaires est captée et transmise par des électrodes (Electrode Sensor H5 0977) posées sur les muscles péri-orbitaux qui sont responsables du mouvement des yeux vers la droite ou vers la gauche entre autre.

Ce signal électrique est acheminé à un ordinateur de marque Apple 11 d'une puissance de 128 k. Cet ordinateur, essentiel à la bonne marche de l'expérimentation, remplit deux fonctions distinctes. L'une est de transmettre à l'expérimentateur la position de l'oeil du sujet en tout temps. La seconde est de permettre le déclenchement des essais et d'en contrôler le temps de présentation.

En somme, l'ordinateur, l'amplificateur et les électrodes permettent d'assurer un contrôle rigoureux du mouvement oculaire. Cette variable demande une attention particulière car la mesure est prise à 10 degrés en périphérie. Pourquoi choisir un angle de 10 degrés afin de comparer les deux champs visuels? Avant de répondre à cette question, il serait pertinent de comprendre la nécessité d'investiguer en périphérie en ce qui concerne la sensibilité spectrale.

Un examen minutieux des régions en dehors de la fovéa de la rétine humaine par des méthodes psychophysiques est d'un grand intérêt pour plusieurs raisons. Osterberg (1935) démontre que le nombre de cônes par unité d'aire diminue brusquement de la fovéa à 10 degrés de rayon dans toutes les directions; au-delà de ce point, la réduction est nulle (fig. 3). On s'attendrait à une différence quantitative et peut-être qualitative de la sensibilité spectrale entre la fovéa et 10 degrés.

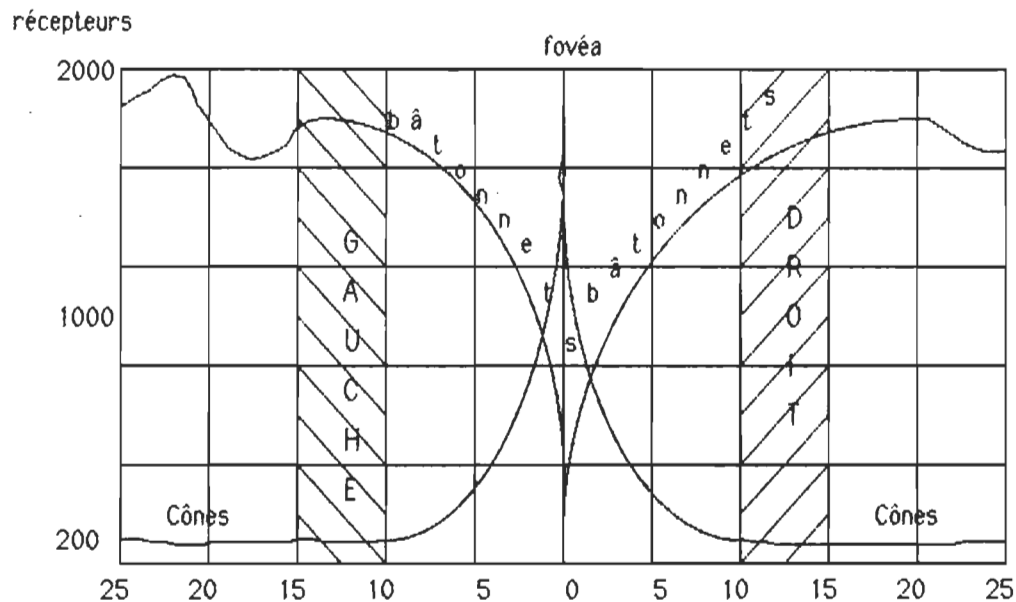


Fig. 3 - Densité des cônes et des bâtonnets suivant le méridien horizontal de la rétine (secteur nasal: gauche, secteur temporal: droit). Les différents chiffres en ordonnée indiquent le nombre des deux types de récepteurs correspondant à une zone de 0,0695 micron de diamètre.

Une autre raison provient du fait qu'on ne peut extrapoler les résultats obtenus dans les cercles de la fovéa. Plusieurs facteurs contre-indiquent une telle extrapolation. Par exemple, la densité et la morphologie des cônes et des bâtonnets de la fovéa diffèrent de ceux de la périphérie. En plus, Weale (1951) observe une différence quantitative de la vision de la couleur entre la fovéa à 10 degrés en périphérie et des variations moins considérables pour des régions plus éloignées. Cette différence est aussi observée par Graham (1972) et, plus récemment, par Johnson (1986).

Par ailleurs, il faut mentionner aussi la présence de deux facteurs qui ont entravé l'investigation dans le domaine de la sensibilité spectrale en périphérie. Le premier était lié à la méthode psychophysique. Car avant les travaux de Thompson (1951) et Weale (1951), les données antérieures n'entrevoient pas la possibilité de réunir les résultats objectifs (lecture mécanique) et subjectifs (résultats du sujet). Le deuxième facteur était relié au contrôle d'une variable, le mouvement oculaire. Il y avait une difficulté énorme à fixer une région précise sur la rétine. Un premier pas pour élucider ce problème était fait par Weale (1951 a, b), qui a mesuré la sensibilité spectrale à 0, 10 et 15 degrés.

Depuis l'époque de Weale, les méthodes de contrôle se sont raffinées comme il est possible de le constater par la méthode utilisée dans la présente expérience. L'une d'elle, utilisée dans cette recherche, est la méthode d'enregistrement électrique des muscles oculaires. Cette méthode consiste à enregistrer l'activité électrique des muscles supérieurs gauches et droits. Une différence de potentialité de quelques millivolts est causée lorsque les yeux bougent sur un axe horizontal. Ce signal est alors amplifié et transmis à l'ordinateur pour être décodé en données numériques. Ainsi, lorsque le sujet déplace les yeux de deux degrés vers le stimulus, la présentation est interrompue et l'essai est recommencé. Une tonalité sonore prévient le sujet de l'annulation de l'essai.

Maintenant la zone d'expérimentation de dix degrés retenue s'explique de différentes façons. Immédiatement sortie des trois régions de la fovéa (centralis, parafovéale et périfovéale), la zone périphérique s'étale en quatre anneaux concentriques qui encadrent, en cocarde, la zone fovéale; le premier, interne; le second, médian; le troisième, externe; le dernier étant l'anneau de l'ora serrata.

Dans le cas présent, l'anneau interne a été retenu. Comme on l'a déjà mentionné, c'est à cet endroit que la densité des cônes chute à environ 200 récepteurs pour 0,0695 micron de diamètre, et ce, jusqu'à 25 degrés (voir fig. 3). Cet anneau a une largeur de 1500  $\mu$ m. De cette façon, on pourrait s'attendre à un certain déficit de la courbe photopique du fait que l'expérimentation se déroule dans l'obscurité complète.

L'investigation dans cette région va aussi nous permettre d'observer s'il se produit un déplacement significatif de la sensibilité relative aux courtes longueurs d'onde photopique pour les deux hémisphères cérébraux. En effet, les résultats de Graham et Guth (1971) et Graham (1972) démontrent qu'il n'y a aucun changement significatif de la sensibilité spectrale aux courtes longueurs d'onde après 10 degrés de la fovéa jusqu'à 45 degrés, et ce, pour un champ visuel. D'autres études appuient aussi les résultats des auteurs mentionnés ci-haut en ce qui concerne l'hémisphère gauche (Graham et Holland, 1974; Stabell, 1981; Wald, 1971; Wooten et Wald, 1973).

En dernier lieu, la différence morphologique entre les cônes de la fovéa et ceux à dix degrés d'excentricité peut entraîner des résultats distincts. En effet, c'est dans la zone de la fovéa centralis que se trouvent les cônes les plus longs et les plus fins de toute la rétine: les cônes centraux ont une longueur de 70  $\mu$ m. et une largeur de 1,50  $\mu$ m. pour leur segment interne et de 1  $\mu$ m. pour leur segment externe. L'intervalle séparant deux cônes centraux est d'environ 0,5  $\mu$ m. (Polyak, 1941). Au niveau de l'anneau interne de chacun des cônes, leur segment interne a 3,5 à 4  $\mu$ m. et leur segment externe seulement 1,30  $\mu$ m. L'intervalle entre 2 cônes est alors de 10  $\mu$ m. avec 2 ou 3 bâtonnets parsemés

entre les cônes. La figure 4 montre la différence morphologique entre un cône de la fovéa centralis et un cône de l'anneau interne de la périphérie.

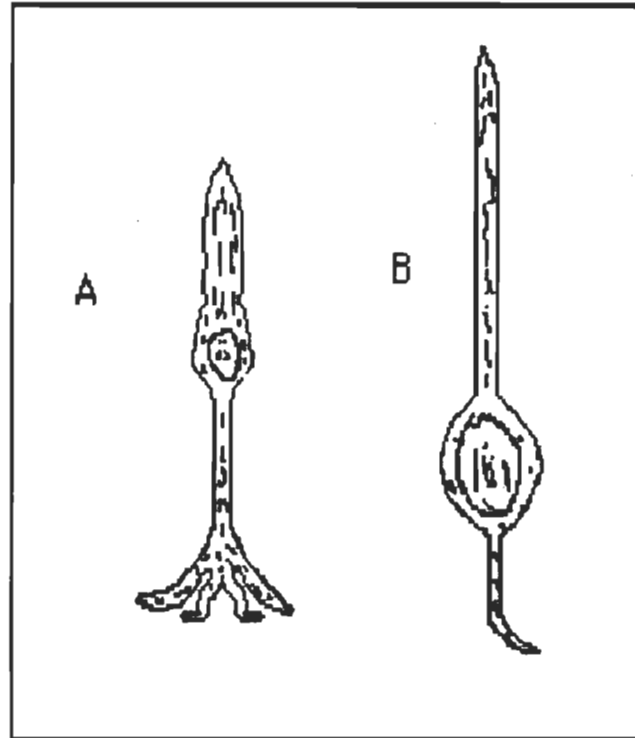


Fig. 4 - Morphologie d'un cône

A- cône à 10° de la périphérie

B- cône de la fovéa centralis

#### Protocole du déroulement de l'expérience

Le sujet est amené dans la salle d'expérimentation où, à la première séance, il est informé du déroulement de l'expérience. À l'arrivée, le sujet s'assied sur une chaise afin que l'expérimentateur puisse procéder à la pose des électrodes. Le signal de ceux-ci est vérifié à l'aide d'un bloc à impédance de marque "Grass



experimental". Par la suite, le sujet est conduit sous la tente de tissu noir. Les consignes suivantes lui sont données verbalement:

"Je vais te présenter deux sources lumineuses d'intensité différente et tu devras choisir la plus intense des deux; tantôt la lumière colorée sera plus intense que la lumière blanche, tantôt ce sera le contraire. Il faudra faire abstraction de la couleur et ne t'intéresser qu'à l'intensité lumineuse. Lorsque tu auras fait ton choix, tu répondras: en haut ou en bas."

Cette consigne lui est naturellement donnée seulement au début de la première session. Par la suite, des renseignements spécifiques en réponse à ses questions pourront lui être fournis. Il est à noter que le sujet n'est pas au courant de la méthodologie exacte suivie dans l'expérimentation. Il connaît cependant le but poursuivi, c'est-à-dire, l'évaluation de son point d'égalité subjectif pour chaque filtre ce qui permettra la détermination de ses courbes de sensibilité spectrale. Au rythme de l'expérimentation, il voit les intensités changer constamment mais n'en connaît ni l'ordre, ni l'organisation, laquelle est en série discontinue et ascendante en difficultés. La constante de l'intensité du filtre coloré lui est également inconnue.

Après avoir donné la consigne, l'expérimentateur s'assure que le sujet a bien compris ce que l'on attend de lui. Il est alors soumis, comme il en avait été informé, à une période d'adaptation à l'obscurité d'une demi-heure. On profite de ce moment d'adaptation pour réaliser la période de calibration oculaire. Il s'agit de demander au sujet de fixer dans un premier temps une diode centrale qui se trouve placée à l'autre extrémité. Ensuite, en appuyant sur une touche de l'ordinateur, on demande au sujet de regarder la diode à sa gauche et en appuyant une autre fois sur une touche, on lui demande de regarder la diode à sa

droite. Ces diodes sont placées de telle sorte qu'on enregistre ainsi les limites angulaires du champ oculaire désiré.

Au début de chaque séance, plusieurs erreurs surviennent car l'oeil du sujet est attiré naturellement vers une source lumineuse qui ne se trouve pas en champ central. Ainsi, une telle rigueur dans le contrôle du mouvement oculaire est rendue nécessaire en regard du temps de présentation d'un essai. En effet, une présentation est d'une durée de deux secondes ce qui laisse amplement le temps à l'oeil de se déplacer vers la source lumineuse. Cette tâche demande donc une concentration constante du sujet. Pour cette raison, après chaque protocole, un temps de repos lui est accordé. En plus, ce temps permet de maintenir l'oeil adapté à l'obscurité.

L'évaluation de la sensibilité spectrale photopique marque l'étape suivante. L'expérience débute avec le filtre no. 73 car sa coloration jaunâtre et sa faible saturation présentent le moins de contraste avec la lumière blanche. Le filtre est placé d'un côté et l'expérimentateur a déjà déterminé, avec l'aide du photomètre, l'intensité de la lumière blanche à laquelle le filtre chromatique correspond. Pendant une même session, le filtre coloré demeure toujours du même côté mais est déplacé de séance en séance selon un ordre de hasard contrôlé. De plus, l'intensité de ce stimulus reste constante durant toute la durée d'expérimentation pour chaque protocole. Seule la plage blanche (achromatique) varie. Lorsque celle-ci devient la plus intense, elle constitue le stimulus positif. Au contraire, elle se veut négative lorsque le stimulus coloré paraît le plus lumineux. Ainsi, le sujet doit sélectionner la luminosité la plus forte, abstraction faite des propriétés chromatiques de l'un des stimuli.

Les variations d'intensité sont produites en variant l'intensité du stimulus neutre. L'intensité de ce stimulus est donc, tantôt plus basse, tantôt plus haute que le stimulus coloré. Dans le premier cas, le stimulus neutre (achromatique) est alors négatif, dans le deuxième cas, il est positif.

Une fois l'intervalle critique déterminé, six intensités intermédiaires sont choisies de part et d'autre de l'égalité réelle du stimulus chromatique. Pendant les premiers essais, un écart relativement grand est maintenu entre les deux plages. Celui-ci est réduit graduellement jusqu'à l'atteinte d'un intervalle critique. En effet, quatre intensités intermédiaires de la lumière blanche sont par la suite sélectionnées. Au total le sujet doit donc comparer le stimulus chromatique à six intensités de blanc dont trois sont supérieures et trois inférieures à la plage colorée.

Ces valeurs forment trois paires de difficultés grandissantes. Chaque couple contient une intensité plus forte et une plus faible que le stimulus chromatique. Au cours d'une séance, ce dernier reste toujours du même côté. Chaque session débute par les comparaisons les plus simples et se termine avec les plus complexes.

Le but de cette procédure est d'évaluer l'intensité blanche perçue subjectivement par le sujet comme luminance identique à la lumière teintée, et ceci, abstraction faite de la couleur. Cette valeur sera définie ici comme le "point d'égalité subjectif" (P.E.S.). L'ordre de présentation des stimuli positifs est déterminé selon un schéma de hasard contrôlé (table de Gellerman, 1933). Cependant, chaque séance contient un nombre égal de fois où le blanc est positif par rapport au nombre de fois où la couleur est positive. La position du stimulus chromatique varie d'une session à l'autre où il doit apparaître autant de fois en

haut qu'en bas. Les valeurs d'intensité pour chaque filtre et chaque sujet sont présentées dans les appendices B, C et D. À partir de là, les seuils sont déterminés par la méthode des limites modifiées proposée par Crawford (1935).

La même procédure est employée pour chacun des filtres chromatiques: détermination d'un intervalle critique d'intensité, choix de trois paires de lumières blanches, et enfin évaluation du P.E.S. Il est à noter qu'il faut deux séances de 120 essais chacune pour l'évaluation du P.E.S. d'un filtre.

La détermination des seuils scotopiques vient après la détermination de tous les seuils photopiques pour le même champ visuel. Afin de diminuer les stimuli à des niveaux scotopiques, un filtre de densité 3.00 (transmission 0,1%) est ajouté à chacune des plages. Essentiellement, la même procédure d'évaluation des seuils, établie au préalable pour le niveau photopique, est employée. Une modification concerne les mesures d'intensité obtenues avec le photomètre. En effet, il est quasi impossible d'utiliser cet instrument pour de très faibles niveaux d'illumination (scotopique). Pour résoudre ce problème, on mesure d'une part la luminosité du filtre coloré seul et d'autre part, celle du filtre neutre de densité 3.00. Les deux valeurs ainsi obtenues sont par la suite multipliées entre elles et servent à évaluer le filtre composé. Cette procédure vaut pour les deux champs visuels mesurés, c'est-à-dire, à plus dix degrés et à moins dix degrés du centre délimité par la diode centrale.

### Contrôles

L'expérience montre que, loin d'être invariable, la courbe de visibilité relative a une forme qui dépend de quatre variables principales. La première

est l'obscurité totale de la salle d'expérimentation, et surtout, de la tente cylindrique sous laquelle le sujet est placé. Ainsi, la seule lumière visible pendant la mesure est la luminance des plages-stimuli. La seconde variable est le contrôle du mouvement oculaire. On oblige le sujet à fixer le centre du champ en plaçant un point de fixation en ce centre.

Une troisième variable à considérer est l'adaptation à l'obscurité. En effet, Stabell (1981) a montré l'influence de cette variable par la différence des résultats entre des sujets adaptés ou non-adaptés à l'obscurité. Il a observé une augmentation du logarithme dans la situation d'une adaptation à l'obscurité préalable à l'expérimentation.

Comme dernière variable, le temps de présentation pour chaque essai doit être contrôlé. Les études antérieures ont privilégié un temps d'exposition de quelques millisecondes. De cette façon, la variable du mouvement oculaire était résolue.

Après avoir décrit le contexte expérimental de cette recherche, il sera maintenant présenté l'analyse et la discussion des résultats.

## Chapitre 111

### Analyse des résultats et discussion

Avant de présenter les résultats proprement dits, il est nécessaire de rappeler brièvement la méthode d'analyse employée.

### Méthode d'analyse

La méthode consiste à évaluer tout d'abord les seuils différentiels des sujets, c'est-à-dire les valeurs auxquelles les deux plages lumineuses équivalent au point où les sujets choisissent la lumière blanche 50% des fois. Lorsque la courbe est tracée pour un filtre donné, le point où elle coupe la ligne des 50% extrapolé sur l'abscisse donne le point d'égalité subjectif du sujet (P.E.S.). La définition opérationnelle du P.E.S. est la suivante: c'est le point où, sur la courbe de discrimination de l'intensité d'un filtre, le sujet choisit aussi fréquemment la lumière blanche que la lumière chromatique.

L'étape ultérieure consiste à déterminer le rapport P.E.S. sur la valeur mécanique (P.P.), c'est-à-dire la luminosité perçue sur l'intensité réelle du filtre mesurée à l'aide du photomètre. Le terme "luminosité" est employé ici pour faciliter la discussion et la comparaison car la lumière se distribue de façon homogène sur toute la plage, et la dimension de celle-ci demeure fixe durant toute l'expérience. Le tableau 1 (p. 45) illustre les rapports photopiques obtenus pour tous les sujets après transformation logarithmique et les données de la courbe standard.

La dernière étape consiste à tracer les courbes de sensibilité spectrale photopique et scotopique. La méthode employée est semblable à celle utilisée

en général par la psychophysique dans le domaine de la sensibilité.

Ainsi, après avoir obtenu le P.E.S. du sujet, il s'agit de calculer le rapport P.E.S./P.P. Une fois ce rapport calculé, la hauteur de la courbe de visibilité photopique théorique, à une longueur d'onde donnée, est prise et cette valeur est ensuite multipliée par le rapport. Le résultat ainsi obtenu est directement placé sur la courbe. Si le sujet est aussi sensible que l'homme standard (courbe théorique déterminée pour l'homme par la Commission Internationale d'Eclairage), le P.E.S. devrait être semblable à la valeur P.P., c'est-à-dire que le sujet perçoit la luminosité réelle du filtre. Le rapport P.E.S./P.P. devrait être égal à 1 si le sujet perçoit le filtre à sa luminosité réelle. Ainsi tout autre rapport obtenu d'un P.E.S. différent du nombre objectif donné par l'appareil (P.P.) constitue donc une déviation dans la sensibilité spectrale du sujet par rapport à la courbe standard. Elle sera plus élevée pour un rapport supérieur à 1 et plus basse pour toute proportion inférieure à 1.

Prenons un exemple pour illustrer la méthode. Le filtre 44 a une longueur d'onde de 489.1 nanomètres, la valeur observée au photomètre est de 12,2 et le P.E.S. obtenu pour le sujet R.30 en champ droit est de 13,5. Le rapport P.E.S. sur P.P. est donc de 1,10. La hauteur de la courbe de visibilité théorique à cette longueur d'onde est de 22,3. Ainsi le produit de 1,10 par 22,3 donne le point à placer sur la courbe, soit 24,53. Ce nombre est ensuite transformé sous la forme logarithmique afin de faciliter la présentation graphique des résultats.

La même méthode est employée pour chacun des filtres de couleur utilisés pour chaque sujet. Cela permet de tracer les courbes de sensibilité spectrale photopique et scotopique de chaque individu. Les tableaux 4 à 43 des



appendices B à E rapportent les valeurs de sensibilité déterminées chez les sujets en vision photopique et scotopique. La figure 7 présentée ci-dessous (p. 49) illustre la forme générale des courbes de sensibilité spectrale moyenne.

À l'exception d'une légère modification, la même procédure est utilisée pour dessiner la courbe scotopique. Rappelons ici la difficulté d'obtenir des mesures scotopiques directes (tableau 2) (p. 47). Le problème est résolu par l'enlèvement du filtre de densité 3.00 et, par la suite, les mesures sont prises au niveau photopique. Ainsi, pour déterminer la courbe expérimentale scotopique, les rapports P.E.S./P.P., obtenus dans les conditions précitées, sont multipliés par les sensibilités photopiques correspondantes.

### Résultats

L'exposé des résultats se divise en deux grandes parties: la première analyse étudie les différences observées entre les deux hémisphères pour l'ensemble des filtres, et ce, pour l'ensemble des résultats des six sujets. Il s'agit de vérifier s'il existe des différences significatives au niveau de la sensibilité spectrale photopique et scotopique. La seconde propose d'observer si la sensibilité photopique et scotopique est plus élevée aux courtes longueurs d'onde pour chacun des champs visuels.

Il est à noter que l'analyse par groupe d'âge a été abandonnée à cause du peu de sujets par groupe (deux). Les résultats n'auraient pas été significatifs pour les généraliser à l'ensemble de la population.

### Sensibilité spectrale photopique

Les courbes de sensibilité spectrale photopique, pour une présentation à dix degrés dans le champ visuel droit et dans le champ visuel gauche, pour l'ensemble des sujets sont présentées à la figure 5. Il est possible de constater que la différence entre les deux champs visuels est négligeable. De plus, le tableau 1 à la page suivante montre que les rapports P.E.S. sur P.P. pour tous les filtres utilisés sont presque identiques.

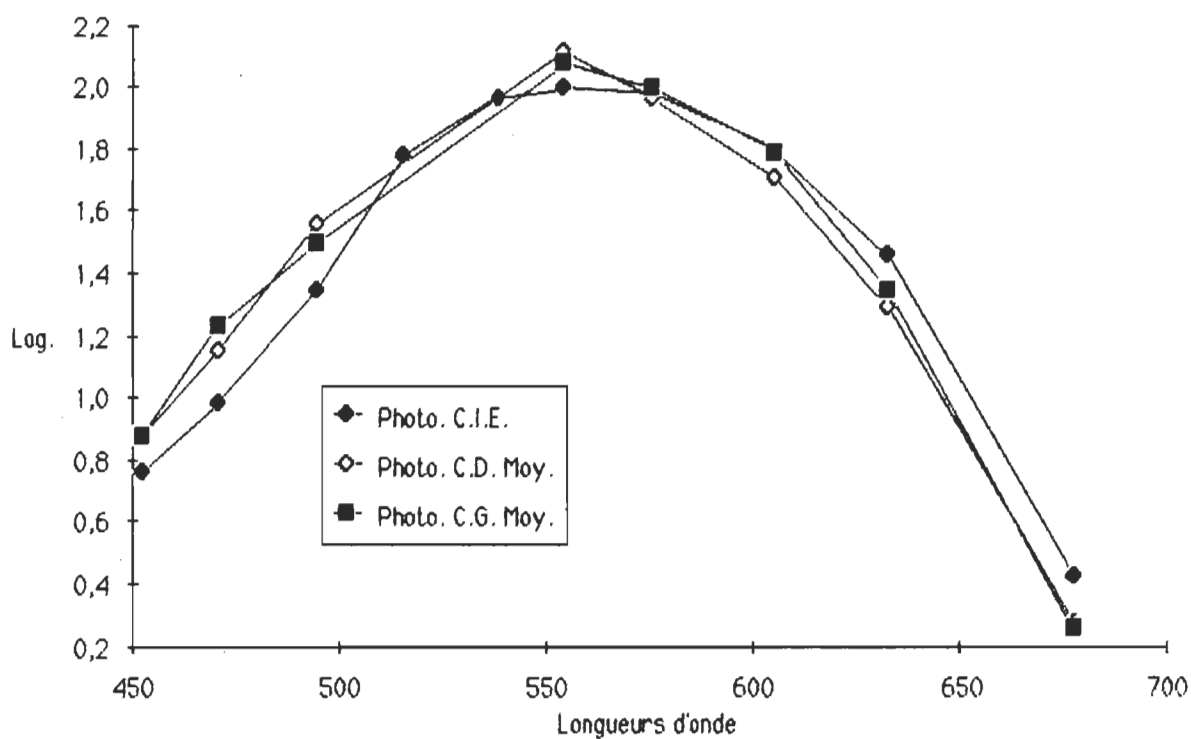


Fig. 5 - Courbes de sensibilité spectrale photopique pour tous les sujets.

Une analyse de variance 2 par 8 a été réalisée afin de comparer les résultats des deux champs visuels (cf. appendice G). L'analyse ne fait ressortir aucune

différence significative quant à la forme générale de la courbe. La cote d'erreur de 0.4325 nous renseigne sur l'ensemble de la courbe mais ne donne aucun renseignement par rapport à la comparaison pour chacun des filtres.

Tableau 1

Tableau des rapports P.E.S. sur P.P. photopiques (logarithme) de la moyenne des 6 sujets en champ gauche et droit et les données de la C.I.E.

Longueur d'onde	Log. X Photo. C.G.	Log. X Phot. C.D.	Log. X Photo. C.I.E.
452.7	0.88	0.88	0.76
471.1	1.23	1.15	0.98
495.1	1.50	1.56	1.35
554.6	2.08	2.12	2.00
576	2.08	1.97	1.98
605.7	1.79	1.71	1.80
632.7	1.35	1.29	1.46
678	0.26	0.28	0.43

PES: Point d'égalité subjectif

Log: Logarithme

PP : Lecture du photomètre

X: Moyenne

### Vision Scotopique:

En ce qui concerne la vision scotopique, il ne ressort pas non plus de différence entre les deux champs visuels. Le tableau 2 montre que les différences entre le P.E.S. des sujets et les valeurs P.P. (lecture mécanique) sont négligeables.

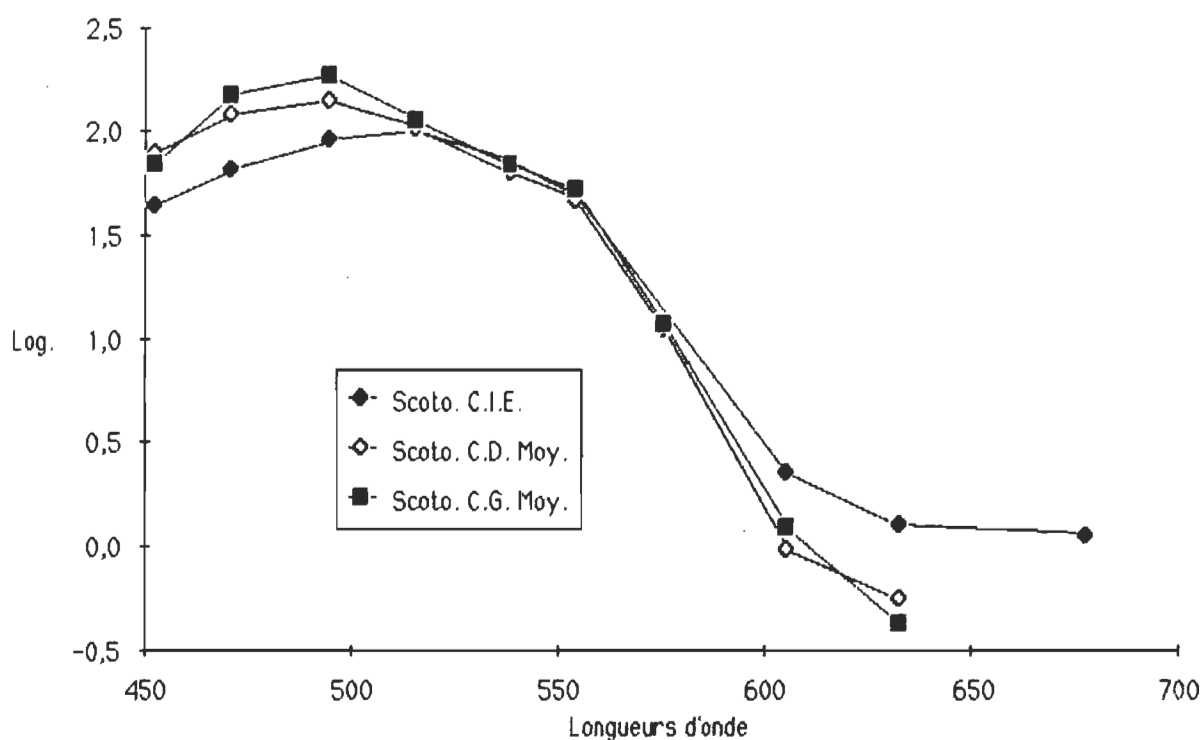


Fig. 6 - Courbes de sensibilité spectrale scotopique pour tous les sujets.

D'une manière générale, il apparaît évident, d'après la figure 6 ci-dessus, que la vision scotopique a une sensibilité semblable dans les champs visuels gauche et droit.

Tableau 2

Tableau des rapports P.E.S. sur P.P. scotopiques (logarithme) de la  
moyenne des 6 sujets en champ gauche et droit  
et ceux de la C.I.E.

Longueur d'onde	Log. X Scoto. C.G.	Log. X Scoto. C.D.	Log. Scoto C.I.E.
452.7	1.85	1.90	1.64
471.1	2.17	2.08	1.82
495.1	2.27	2.15	2.38
516.2	2.06	2.02	1.99
538.6	1.84	1.80	1.70
554.6	1.72	1.67	1.15
576	1.07	1.05	0.36
605.7	0.09	-0.01	0.10
632.7	-0.37	-0.26	0.05

PES: Point d'égalité subjectif

Log.: Logarithme

PP : Lecture du photomètre

X : Moyenne

L'analyse de variance va dans le même sens que cette constatation en démontrant une cote d'erreur de 0.6149 (appendice G). D'autre part, il semble toutefois y avoir une différence importante entre la courbe périphérique et la courbe théorique de la C.I.E pour certaines longueurs d'onde inférieures à 550 nanomètres. Nous verrons plus en détail, dans la deuxième partie de l'analyse, l'explication de l'écart entre ces points.

En somme, les résultats obtenus pour l'ensemble des sujets confirment notre hypothèse. En effet, la sensibilité spectrale du champ hémisphérique droit et celle du champ hémisphérique gauche ne donnent pas d'écart significatif pour le traitement de l'information lumineuse. D'une manière générale, la figure 7 montre que les courbes moyennes obtenues pour les sujets évoluent de la même manière, et ce, même par rapport à la courbe standard.

Ces résultats montrent donc, qu'à des niveaux photopiques et scotopiques, chaque hémisphère cérébral aurait les compétences pour traiter la sensibilité à la lumière. Toutefois, l'écart est plus marqué entre la courbe scotopique à dix degrés et celle de la C.I.E., que pour la courbe photopique où il ne semble pas y avoir d'écart significatif.

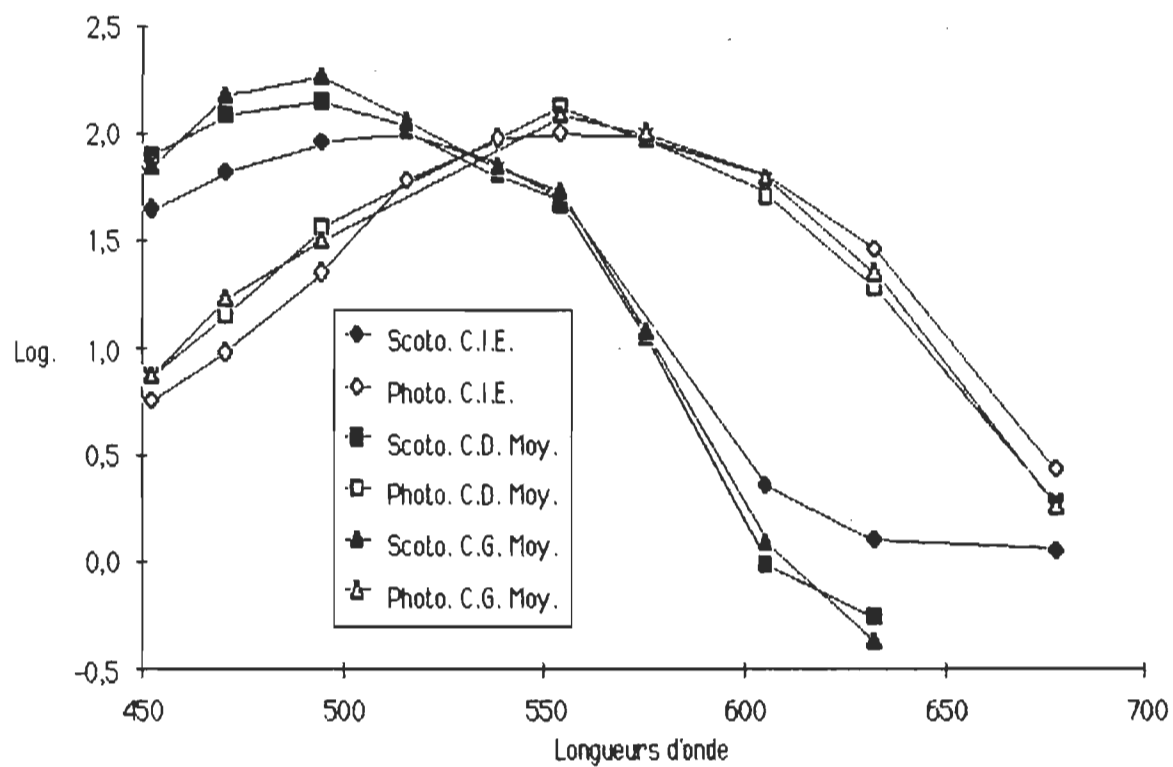


Fig.7 - Courbes de visibilité photopique et scotopique moyennes pour tous les sujets.

### Sensibilité spectrale aux courtes longueurs d'onde:

Comme il a été relevé dans le premier chapitre, la sensibilité aux courtes longueurs d'onde est plus grande dans le champ périphérique que dans le champ central. Pour les résultats obtenus ici, on relève aussi des écarts significatifs aux courtes longueurs d'onde.

La méthode d'analyse utilisée pour déterminer si la sensibilité spectrale aux longueurs d'onde inférieures à 550 nm en périphérie est meilleure que celle de la fovéa est la distribution  $t$  de Student. Cette distribution est utilisée seulement sous certaines conditions pour l'analyse d'échantillons. L'une de ces conditions est que la taille de l'échantillon soit inférieure à 30. Une autre est que le sigma, c'est-à-dire l'écart-type de la population, soit inconnu (mais  $s_x$  est connu ou peut être calculé). Alors, ce modèle statistique s'applique très bien ici.

On a fait une distribution  $t$  pour chacune des valeurs de la sensibilité spectrale scotopique pour les champs hémisphériques droit et gauche. Les tests d'hypothèses concernant la moyenne sont réalisés pour un intervalle de confiance de 0.01 et 0.05 avec un degré de liberté de 5. Les résultats de ce test démontrent une différence significative pour les courtes longueurs d'onde 452.7 (filtre 47B à 0.05), 471.1 (filtre 48 à 0.01) et 495.1 (filtre 44 à 0.01) (tableau 3). Cette différence se vérifie autant pour le champ hémisphérique droit que pour celui de gauche. Les autres tests  $t$  démontrent des écarts significatifs pour les longues longueurs d'onde 605.7 (filtre 72B à 0.05) et 632.7 (filtre 29 à 0.05) en champ gauche seulement.

En somme, ces résultats démontrent, qu'à des niveaux scotopiques aux courtes longueurs d'onde, les sujets ont une meilleure sensibilité spectrale pour



Tableau 3  
 Résultats des tests  $t$  pour les données de la sensibilité spectrale  
 scotopique pour les champs visuels droit et gauche

Longueurs d'onde	C.G.	C.D.	moy.	$\mu$	$s_x$	$t$	S./N.S.
452.7	X		74.1	44.2	27.06	2.7	S.
452.7		X	87	44.2	36.7	2.86	S.
471.1	X		150.8	66.5	34.9	5.92	S.
471.1		X	126.4	66.5	37.4	4.12	S.
495.1	X		193	91.5	43.9	5.66	S.
495.1		X	146.2	91.5	26.3	5.07	S.
516.2	X		112.2	98.9	15.6	2.09	N.S.
516.2		X	107.7	98.9	24.8	0.87	N.S.
554.6	X		52.6	50	5	1.27	N.S.
554.6		X	46.5	50	8.2	-1.05	N.S.
576	X		12.2	14.2	2.7	-1.82	N.S.
576		X	12	14.2	2.5	-1.67	N.S.
605.7	X		1.05	2.3	0.91	-3.36	S.
605.7		X	1.28	2.3	1.20	-2.08	N.S.
632.7	X		0.43	1	0.37	-3.77	S.
632.7		X	0.62	1	0.38	-2.45	N.S.
<hr/>							
C.G.: champ gauche		$s_x$ : écart type		S./N.S.: Significatif/Non significatif			
C.D.: champ droit		$t$ : Student		$\mu$ : moyenne population			

une vision périphérique à dix degrés. De plus, l'autre extrémité de la courbe montre une moins bonne sensibilité aux longues longueurs d'onde. Toutefois, l'analyse des tests  $t$  pour ces valeurs démontre un écart significatif pour un intervalle de confiance à 0.05. Finalement, on remarque qu'entre 525 et 575 nm la courbe scotopique se juxtapose presque à la courbe standard. C'est donc dire que la sensibilité spectrale à ces longueurs d'onde est aussi sensible que celle en fovéa. Ces différences s'observent seulement dans le domaine de la sensibilité scotopique. Cependant, les recherches qui ont aussi trouvé une différence de sensibilité se rapportent plutôt au domaine photopique (Stabell et Stabell, 1980; Weale, 1951, 1953, 1956; Wooten et al., 1975).

Pour le domaine photopique, les courbes en périphérie et celles en champ central se suivent et s'entremêlent d'une extrémité à l'autre du spectre visuel. Nous n'avons donc pas fait le test  $t$  de la distribution de Student, car les écarts entre les points des sujets pour les champs hémisphériques droit et gauche, par rapport à ceux de la courbe standard, ne démontrent pas de différences importantes. Nous n'avons pas considéré opportun de présenter ici ces résultats.

### Discussion

Les résultats obtenus confirment notre hypothèse de recherche selon laquelle il n'y a pas de différence significative entre les deux champs visuels pour une présentation à dix degrés. Cette affirmation s'avère vraie autant pour la sensibilité spectrale photopique que scotopique.

Par contre, la comparaison des résultats entre la périphérie pour les deux champs visuels et les courbes de la C.I.E. montre des différences significatives au niveau scotopique. Ces différences pourraient s'expliquer par deux aspects principaux: la méthodologie et le nombre de sujets soumis à l'expérimentation. En effet, les conditions expérimentales dans lesquelles furent établies les courbes de visibilité relative, dont la moyenne sert à définir l'observateur moyen de la C.I.E., correspondent *à peine* à des niveaux diurnes. De plus, la dimension du stimulus des recherches en question, avait une largeur de 0,52 mm et une hauteur de 2,63 mm, soit une surface de 1,37 mm<sup>2</sup>. La dimension du stimulus aurait cependant varié d'une recherche à l'autre pour l'ensemble des expérimentations qui ont contribué à la standardisation des courbes de la C.I.E. En sus, aucune de ces recherches n'atteint le niveau de luminosité diurne. Alors que dans la présente expérience, les conditions expérimentales se situent *strictement* à des niveaux diurnes et la dimension du stimulus est beaucoup plus importante que celle de la C.I.E.

L'autre aspect qui semble être un facteur influent est sans nul doute le nombre de sujets. Un échantillon de six sujets est plutôt limité par rapport à celui de la C.I.E. qui en possède un de 1000 sujets. Alors, le fait d'augmenter le nombre de sujets pourrait avoir un effet sur la forme de la courbe scotopique, surtout aux extrémités, car il est plus difficile d'évaluer les extrémités du fait qu'on soit près des intensités non-visibles.

D'autre part, la plupart des recherches citées précédemment se sont intéressées à d'autres paramètres que celui de la spécialisation hémisphérique. Toutefois, même si ces recherches se sont centrées sur l'étude de variables différentes de celles proposées ici, il est quand même possible de les comparer

car plusieurs d'entre elles ont été réalisées en périphérie. De plus, le point commun étant l'étude de la sensibilité spectrale, des parallèles ou même des différences peuvent donc ressortir.

#### Vision photopique:

Les résultats obtenus au cours de cette expérience dans le domaine de la sensibilité spectrale photopique montrent que les seuils différentiels n'ont pas d'écart significatif entre les champs hémisphériques droit et gauche. Ces résultats rejoignent ceux mentionnés par Ruggieri et Morelli (1985). Ceux-ci ont en effet mentionné qu'il n'y a pas de différence en ce qui concerne la qualité perceptive correspondant à la clarté. Cela signifierait que les récepteurs qui sont dans la zone de dix degrés en champs périphériques droit et gauche transmettraient aussi bien l'information lumineuse aux hémisphères cérébraux. Cette affirmation s'avère vraie même si la densité des cônes et des bâtonnets est proportionnellement différente entre zéro et dix degrés. Toutefois, nous ne pouvons pas préciser si l'information est codée de la même façon ou si elle est acheminée aux hémisphères par le même chemin neuronal.

À ce sujet, des études soutiennent que les bâtonnets peuvent influencer la courbe de sensibilité spectrale (Aguilar et Stiles, 1954; Kinney, 1958; Stabell et Stabell, 1975; Stabell et Stabell, 1980). Cependant, nous retenons plutôt les conclusions de Wald (1945) qui présuppose que les cônes en périphérie possèdent la même sensibilité spectrale que ceux dans la zone fovéale. Wooten et Wald (1973) confirmaient plus tard les résultats de Wald (1945). En effet, notre courbe périphérique se superpose presque à la courbe centrale de la C.I.E.

et, pour chacun des types de récepteurs (cônes et bâtonnets), correspond un type de courbe spécifique.

Ces résultats rejoignent aussi les études portant sur la spécialisation hémisphérique dans le domaine de la couleur. En effet, certaines études (Diamond et Beaumont, 1972; Dyer, 1973; Hannay, 1979) ne démontrent aucune supériorité de l'un ou de l'autre des champs visuels. Toutefois, ces études ne démontrent pas non plus comment se traite l'information acheminée aux hémisphères. Il en ressort une question intéressante par ailleurs, à savoir si chacun des hémisphères traite l'information ou s'il existe seulement un endroit avec un système de transfert d'informations reliant un hémisphère à l'autre. Une façon de contrôler cet aspect est de calculer le temps de réaction pour fournir la réponse. Ainsi, si le temps de réaction ne diffère pas entre les deux hémisphères, cela peut signifier que chacun possède son propre système d'analyse. Et, si une différence significative devenait évidente, il serait possible de croire que le temps de transmission étant plus long, l'information doit alors passer d'un hémisphère à l'autre par un système de relais pour être ensuite traitée.

Nos résultats vont dans le même sens que plusieurs recherches sur la sensibilité spectrale en périphérie. En effet, plusieurs recherches démontrent, pour une tâche dans un contexte d'adaptation à l'obscurité (Stabell et Stabell, 1976; Stabell et Stabell, 1977; Stabell et Stabell, 1980; Sperling et Hsia, 1957; Wooten et al., 1975; Wald, 1945), que les courbes photopiques en dehors de la fovéa ne diffèrent pas significativement de la courbe standard. Par contre, plusieurs de ces auteurs trouvent une différence significative pour les courtes

longueurs d'onde alors que ceux-ci ont une sensibilité plus grande. On peut alors se demander pourquoi il n'est pas ressorti de différence dans nos résultats.

Certains facteurs ont possiblement joué un rôle d'inhibition. La dimension de la cible lorsque l'expérimentation se déroule en dehors de la fovéa semble un facteur important lorsque des comparaisons doivent être établies. Plusieurs recherches font ressortir ce point (Johnson, 1986; Kuyk, 1982; Noorlander et al., 1983; Rovamo et Virsu, 1979). Cela explique en partie la grande ressemblance entre la courbe de la C.I.E. et nos résultats en ce qui concerne la courbe de sensibilité photopique. Par ailleurs certains paramètres, différents de ceux employés dans les recherches sur la sensibilité spectrale, peuvent être autant d'aspects qui ont pu avoir une influence au niveau des courtes longueurs d'onde. Par exemple, le temps de présentation déterminé est différent de celui de la majorité des autres recherches. Ou encore, une présentation superposée des stimuli lumineux au lieu d'une présentation en parallèle. De cette façon, la zone de la rétine excitée par la stimulation se trouve sur un axe vertical et les récepteurs activés se trouvent donc tous sur un axe longitudinal.

Il est aussi fort probable que la diffusion de la lumière (plus intense pour le domaine photopique) ait pu neutraliser la réaction attendue aux courtes longueurs d'onde. Le fait que l'intensité soit beaucoup plus forte en photopique a peut-être entraîné une stimulation des cônes en parafovéa. Ou encore, par un effet d'addition de la lumière sur les récepteurs, le sujet devient moins adapté à la noirceur. Cela nous donne alors le reflet d'une courbe purement photopique, sans l'apport des bâtonnets de la périphérie. Ces derniers sont inhibés par une intensité lumineuse trop élevée (Stabell et Stabell, 1980; Wooten et Wald, 1973).

Nous savons aussi que la sensibilité spectrale, plus particulièrement pour celle inférieure à 550 nm., diminue considérablement.

Cette explication va dans le même sens que Wooten et al. (1975) et Wooten et Wald (1973). Ils ont trouvé que pendant la période plateau des cônes, la sensibilité spectrale diminue aux courtes longueurs d'onde entre 6 et 80 degrés. Alors, il ne serait pas exagéré de croire qu'à dix degrés d'excentricité les récepteurs soient en situation d'adaptation à la lumière. De cette façon, la situation expérimentale pour le domaine photopique n'est plus la même que pour celui du scotopique.

#### Vision scotopique:

En ce qui concerne la vision scotopique des sujets, nos résultats démontrent que chaque hémisphère traite l'intensité lumineuse de telle manière qu'il n'y ait pas de prédominance hémisphérique pour cette fonction. La façon dont l'information est codée et transmise, toutefois, peut différer aussi pour le domaine scotopique.

En ce qui concerne la différence entre les courbes de la périphérie et celles de la C.I.E. au niveau scotopique, on observe une plus grande sensibilité aux longueurs d'onde inférieures à 550 nm. Cela ne va pas dans le même sens que plusieurs recherches qui ont étudié la sensibilité spectrale en accordant une attention particulière à ces longueurs d'onde (Graham et al. 1975; Graham et Guth, 1971, 1974; Stabell et Stabell, 1980, 1981; Wald, 1945; Weale, 1953; Wooten et Wald, 1973). Cette différence est probablement causée, ici aussi, par des variables telles qu'une méthodologie différente, un nombre de sujets inférieur

et des différences individuelles marquées. De plus, nous constatons que le domaine scotopique est beaucoup plus difficile à évaluer que celui en photopique, surtout pour les extrémités.

Il est donc permis de croire que les écarts significatifs ne seraient que le reflet de variables individuelles et techniques. En effet, Stabell (1980) trouve que la variation de la sensibilité, de la pigmentation maculaire et de la sensibilité des cônes, aux longueurs d'onde inférieures à 550 nm, peuvent affecter les résultats des sujets. Par ailleurs, des variables mentionnées plus haut (intensité lumineuse, la dimension du stimulus, l'adaptation temporelle, etc.) peuvent influencer les résultats comme il a été possible de le constater.

De plus, comme pour le domaine photopique, la question du nombre de sujets employés semble avoir influencé les résultats. Le fait d'augmenter le nombre de sujets aurait comme impact d'estomper les variables individuelles susceptibles de causer des variations. À titre d'exemple, la pigmentation de la rétine est très différente d'un sujet à un autre. Ainsi, pour la présentation d'un même filtre, la concentration des cônes et des bâtonnets peut différer de beaucoup. On retrouve cet aspect aussi dans le domaine de la sensibilité à la couleur. À dix degrés d'excentricité, il est possible qu'on ne stimule pas la même zone de couleur car elle est variable selon les sujets.

Toutefois, il n'est pas non plus surprenant de trouver de telles différences du fait que la zone d'expérimentation n'est pas la même. Il est à noter que l'effet de Purkinje apparaît. Il est donc possible de croire que le contexte expérimental utilisé était adéquat en rapport avec l'évaluation du domaine scotopique.



### Résumé et piste nouvelle:

En somme, et d'une façon générale, l'analyse de nos résultats peut se résumer comme suit: la rétine n'est pas un récepteur à propriétés fixes, mais bien plutôt l'ensemble de deux récepteurs: le récepteur diurne occupe toute la surface de la rétine et fonctionne aux niveaux élevés avec une sensibilité spectrale définie par la courbe de visibilité photopique, qui se confond pratiquement avec la courbe de la C.I.E.; le récepteur nocturne entre en fonction quand l'oeil s'adapte aux faibles niveaux d'intensité lumineuse et se caractérise par la courbe de visibilité scotopique, décalée vers les courtes longueurs d'onde. Ce récepteur fait défaut dans la fovéa qui conserve, en toutes circonstances, des propriétés à peu près fixes. Cette dualité fonctionnelle de la rétine constitue un fait expérimental très important, qu'elle qu'en puisse être l'interprétation physiologique.

Maintenant, connaissant le fait qu'il n'y a pas de différence entre les deux champs hémisphériques pour la sensibilité spectrale photopique et scotopique, on peut énoncer un projet pour une autre recherche. La vision des cônes est supportée par le système géniculostrié et celui des bâtonnets par le système colliculaire, alors si chaque hémisphère peut traiter l'information lumineuse, il serait intéressant d'en connaître le parcours. Ce serait possible en poursuivant avec une étude sur la vision résiduelle chez des patients avec des lésions majeures au niveau occipital. En effet, l'évidence empirique à l'appui de la vision colliculaire est fondée sur les observations de patients porteurs de lésions occipitales et démontrant une cécité correspondante lorsque les champs visuels sont cartographiés par les tests périmétriques traditionnels. Plusieurs

chercheurs rapportent cependant la présence d'une vision résiduelle dans la partie aveugle du champ. Par exemple, Weiskrantz et al., (1974) ont décrit un patient porteur d'une hémianopsie homonyme gauche conséquente à l'ablation d'une partie du lobe occipital droit, qui pouvait localiser des yeux ou du doigt, des flashes lumineux dans son champ aveugle bien qu'il n'ait pu avoir vu de tels stimuli. A cause de l'aspect inconscient de ce phénomène, celui-ci fut appelé "blindsight" (vision aveugle) et fut attribué à la vision sous-corticale fonctionnelle intacte. Des résultats et des conclusions similaires ont été rapportés par plusieurs autres chercheurs (e.g. Pöppel et al., 1973; Perenin et Jeannerod, 1978; Ptito et al., sous presse; Zihl et Von Crammon, 1982).

Alors, en stimulant de façon maximale la fonction colliculaire, il serait possible de connaître, avec une étude de ce genre, quel type de traitement reçoit l'information lumineuse et la différenciation fonctionnelle entre les systèmes visuels rétino-colliculaire et rétino-géniculostrié. Il suffirait d'établir des courbes de sensibilité spectrale photopique et scotopique afin de vérifier si l'ablation des cortex visuels entraîne une perturbation de la vision soutenue par les cônes et les bâtonnets.

Cette étude serait maintenant possible car nous savons qu'il n'existe pas de différence entre les deux hémisphères en ce qui regarde l'analyse de l'information lumineuse en périphérie.

## Conclusion

La sensibilité spectrale est un domaine d'étude peu exploré surtout pour les zones périphériques de la rétine. Toutefois, c'est un champ qui prend de plus en plus d'ampleur et suscite un intérêt croissant. C'est dans la controverse touchant les fonctions particulières de chacun des hémisphères que se situe cette étude.

En effet, le but de cette recherche était de comparer la sensibilité spectrale photopique et scotopique de sujets humains normaux pour les champs visuels droit et gauche. Il s'agissait de déterminer s'il existe une différence significative entre les deux champs visuels afin de vérifier la présence d'une spécialisation hémisphérique.

On a déterminé les seuils différentiels photopiques et scotopiques pour chacun des champs visuels. La tâche consistait à discriminer entre deux plages lumineuses différentes. Les seuils ont été établis par la méthode dite des limites modifiées.

Nos résultats ne montrent aucune différence significative entre les deux champs visuels au niveau photopique et scotopique. C'est dire que l'information lumineuse est analysée de façon semblable pour les deux champs visuels. Par ailleurs, les écarts significatifs observés entre notre courbe périphérique scotopique et celle de la C.I.E. ne semblent être que le reflet de différences méthodologiques et du nombre de sujets notamment.

Cette recherche ouvre la voie à d'autres études, sachant maintenant qu'il n'existe pas de différence significative entre les deux hémisphères. Il est notamment possible de concevoir une recherche qui démontrerait l'apport du système visuel rétino-tectal à partir d'un stimulus lumineux.

## Appendice A

### Résultats au test de Ishiara

Tableau 41  
Résultats des sujets aux tests de Ishihara

Numéro des R. 30 plaques		A. 30	J. 20	L. 20	P. 10	N.10
1	12	12	12	12	12	12
2	8	8	8	8	8	8
3	6	6	6	6	6	6
4	29	29	29	29	29	29
5	57	57	57	57	57	57
6	5	5	5	5	5	5
7	3	3	3	3	3	3
8	15	15	15	15	15	15
9	74	74	74	74	74	74
10	2	2	2	2	2	2
11	6	6	6	6	6	6
12	97	97	97	97	97	97
13	45	45	45	45	45	45
14	5	5	5	5	5	5
15	7	7	7	7	7	7
16	16	16	16	16	16	16
17	73	73	73	73	73	73
18	X	X	X	X	X	X
19	X	X	X	X	X	X
20	X	X	X	X	X	X
21	X	X	X	X	X	X
22	26	26	26	26	26	26
23	42	42	42	42	42	42
24	35	35	35	35	35	35
25	96	96	96	96	96	96

X: Les sujets trichromates normaux ne peuvent lire les plaques.

## Appendice B

Résultats des sujets P.N. 10 regroupés par pairs et individuels



Tableau 4

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour les sujets P.N. 10 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.8	1.5	1.2	5.8	6.96	0.84
471.1	3.2	2	1.6	9.6	15.4	1.19
495.1	27.6	12.2	2.2	22.3	49.06	1.69
554.6	15.4	10.6	1.45	100	145	2.16
576	2.9	3.2	0.91	96.9	88.18	1.94
605.7	3.98	3.3	1.2	63.1	75.72	1.88
632.7	20.6	23	0.90	28.5	25.65	1.40
678	2.2	2.7	0.82	2.7	2.21	0.34

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 5

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour les sujets P.N. 10 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	3.2	1.5	2.1	44.2	92.8	1.96
471.1	3.9	2	1.9	66.2	125.8	2.1
495.1	20.7	12.2	1.7	91.5	155.6	2.19
516.2	35.5	34.3	1.03	98.9	101.8	2
554.6	9.95	10.6	0.94	50	47	1.67
576	2.75	3.2	0.86	14.2	12.07	1.08
605.7	2.45	3.3	0.74	2.3	1.7	0.23
632.7	16.9	23	0.74	1	0.74	-1.13

PES: Point d'égalité subjectif P : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 6

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour les sujets P.N. 10 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.63	1.5	1.08	5.8	6.28	0.80
471.1	3.18	2	1.6	9.6	15.36	1.19
495.1	21.6	12.2	1.77	22.3	39.47	1.59
554.6	12.75	10.6	1.2	100	120	2.08
576	3.95	3.2	1.23	96.9	119.19	2.07
605.7	3.4	3.3	1.03	63.1	65.01	1.8
632.7	19.75	23	0.86	28.5	24.51	1.39
678	1.85	2.7	0.69	2.7	1.85	0.27

PES: Point d'égalité subjectif P : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 7

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour les sujets P.N. 10 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	log
452.7	3.5	1.5	2.3	44.2	102.9	2.01
471.1	4.35	2	2.18	66.5	144.9	2.16
495.1	25.8	12.2	2.11	91.5	193.0	2.28
516.2	41.5	34.3	1.2	98.9	118.7	2.07
554.6	10.9	10.6	1.03	50	51.41	1.71
576	2.4	3.2	0.75	14.2	10.65	1.03
605.7	2.13	3.3	0.65	2.3	1.5	0.17
632.7	5	23	0.22	1	0.22	-0.66

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 8

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet P. 10 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.4	1.55	1.54	5.8	8.93	0.95
471.1	2.6	2	1.3	9.6	12.5	1.09
495.1	25.2	12.2	2	11.15	22.3	1.35
554.6	17.6	10.6	1.6	100	160	2.20
605.7	2.6	3.2	0.81	96.9	78.7	1.90
632.7	12.2	23	.53	28.5	15.1	1.18
678	1.4	2.7	0.51	2.7	1.4	0.15

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 9

Tableau des rapports PES sur PP scotopique obtenus  
pour le sujet P. 10 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.4	1.5	0.93	44.2	41.25	1.62
471.1	2.6	2	1.3	66.5	86.45	1.94
495.1	15.5	12.2	1.27	91.5	116.2	2.07
516.2	25	34.3	.73	98.9	72.08	1.90
554.6	10.3	10.6	1	50	50	1.7
576	2.3	3.2	.72	14.2	10.2	1
605.7	1.1	3.3	0.33	2.3	0.76	-.12
632.7	10.8	23	.47	1	0.47	-.33

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 10

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet P. 10 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.95	1.55	1.25	5.8	7.25	0.86
471.7	3.25	2	1.62	9.6	15.6	1.19
495.1	12.2	12.2	1	22.3	22.3	1.35
516.2	33.2	34.3	0.97	60	58.2	1.77
554.6	13	10.6	1.22	100	122	2.09
576	4.5	3.2	1.4	96.9	135	2.13
605.7	3	3.3	0.91	63.1	57.4	1.76
632.7	12	23	0.52	28.5	14.82	1.17
678	1.1	2.7	0.41	2.7	1.11	0.05

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 1-1

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet P. 10 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.7	1.5	1.7	44.2	76	1.88
471.1	3.2	2	1.6	66.5	106.4	2.03
495.7	19.5	12.2	1.6	91.5	146.4	2.17
516.2	34	34.2	1	98.9	98	1.99
554.6	10.8	10.6	1.02	50	50.94	1.71
576	3.2	3.2	1	14.2	14.2	1.15
605.7	3.8	3.3	1.15	2.3	2.65	0.42
632.7	4.7	23	0.21	1	.21	-.68

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E. Log.: Logarithme



Tableau 12

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet N. 10 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.2	1.5	0.8	5.8	4.64	0.67
471.1	3.8	2	1.9	9.6	18.24	1.26
495.1	30	12.2	2.4	22.3	53.52	1.73
516.2	34	34.3	0.99	60	59.4	1.77
554.6	13.2	10	1.3	100	130	2.11
576	3.2	3.2	1	96.9	96.9	1.99
605.7	5.6	3.3	1.6	63.1	100.9	2
632.7	29	23	1.2	28.5	34.2	1.5
678	3.8	2.7	1.4	2.7	3.78	0.58

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau13

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
Pour le sujet N. 10 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	5	1.55	3.2	44.2	141.4	2.15
471.1	5.2	2	2.6	66.5	172.9	2.24
495.1	26	12.2	2.2	91.5	192.2	2.28
516.2	46	34.3	1.3	98.9	128.6	2.11
554.6	9.3	10	0.93	50	46.5	1.67
576	3.2	3.2	1	14.2	14.2	1.15
605.7	5.4	3.3	1.64	2.3	3.77	0.58
632.7	23	23	1	1	1	0

PES: Point d'égalité subjectif P.: Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 14

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet N. 10 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.3	1.55	0.84	5.8	4.9	0.69
471.1	3.1	2	1.5	9	14.4	1.16
495.1	31	12.2	2.5	22.3	55.7	1.74
554.6	12.5	10.6	1.2	100	120	2.08
576	3.4	3.2	1.06	96.9	102.9	2.01
605.7	3.8	3.3	1.15	63.1	72.6	1.86
632.7	27.5	23	1.19	28.5	33.9	1.53
678	2.6	2.7	0.9	2.7	2.43	0.39

PES.: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 15

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet N. 10 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	4.3	1.55	2.8	44.2	123.8	2.09
471.1	5.5	2	2.75	66.5	182.9	2.26
495.1	32	12.2	2.6	91.5	240	2.38
516.2	49	34.3	1.4	98.9	138.5	2.14
554.6	11	10.6	1.1	50	55	1.74
576	1.6	3.2	0.5	14.2	7.1	0.85
605.7	0.46	3.3	0.14	2.3	0.32	-50
632.7	5.3	23	0.23	1	0.23	-64

PES: Point d'égalité subjectif P. Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

## Appendice C

Tableaux des résultats groupés et individuels des sujets J.L.20

Tableau 16

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour les sujets J.L. 20 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.1	1.5	1.4	5.8	8.12	0.91
471.1	3	2	1.5	9.6	14.4	1.16
495.1	21.4	12.2	1.7	22.3	39.02	1.59
554.6	15.2	10.6	1.43	100	140	2.16
576	2.9	3.2	0.91	96.9	88.18	1.95
605.7	3	3.3	0.91	63.1	57.42	1.76
632.7	16	23	0.70	28.5	19.95	1.3
678	2.6	2.7	0.96	2.7	2.6	0.42

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 17

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour les sujets J.L. 20 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	3.55	1.5	2.36	44.2	104.3	2.02
471.1	4.1	2	2.05	66.5	136.3	2.13
495.1	19.95	12.2	1.64	91.5	150.1	2.18
516.2	39.6	34.3	1.15	98.9	113.7	2.06
538.6	6.1	6.5	0.94	72	67.7	1.83
554.6	9.4	10.6	0.89	50	44.5	1.65
576	2.7	3.2	0.85	14.2	12.1	1.08
605.7	1.6	3.3	0.49	2.3	1.13	0.05
632.7	18.5	23	0.81	1	0.81	-0.09

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 18

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour les sujets J.L. 20 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.1	1.5	1.4	5.8	8.12	0.91
471.1	3.5	2	1.7	9.6	16.3	1.21
495.1	16.5	12.2	1.3	22.3	28.9	1.46
554.6	14.2	10.6	1.3	100	133	2.12
576	2.3	3.2	0.72	96.9	69.77	1.84
605.7	3.15	3.3	0.96	63.1	60.6	1.78
632.7	12.7	23	0.86	28.5	24.5	1.39
678	2.65	2.7	0.98	2.7	2.65	0.42

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme



Tableau 19

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour les sujets J.L. 20 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.15	1.5	1.43	44.2	63.2	1.8
471.1	4	2	2	66.5	13.3	2.12
495.1	21.8	12.2	1.79	91.5	163.8	2.21
516.2	38.2	34.3	1.12	98.9	110.8	2.04
538.6	5.95	6.6	0.92	72	66.2	1.82
554.6	12	10.6	1.13	50	56.5	1.75
576	2.3	3.2	0.72	14.2	10.2	1
605.7	1.49	3.3	0.45	2.3	1.04	0.02
632.7	4.3	23	0.19	1	0.19	-0.72

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 20

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet L. 20 en champ droit

longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.4	1.5	1.6	5.8	9.28	0.97
471.1	3.2	2	1.6	9.6	15.4	1.18
495.1	20	12.2	1.6	22.3	35.7	1.55
554.6	12.75	10.6	1.2	100	120	2.08
576	3	3.2	0.94	96.9	91.1	1.96
605.7	1.8	3.3	0.6	63.1	37.9	1.58
632.7	12	23	.052	28.5	14.8	1.17
678	2.6	2.7	0.96	2.7	2.59	0.41

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 21

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet L. 20 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	3.6	1.5	2.4	44.2	106.1	2.03
471.1	3	2	1.5	66.5	99.8	2
495.1	21	12.2	1.7	91.5	155.6	2.12
516.2	45	34.3	1.3	98.9	128.6	2.1
538.6	6.9	6.5	1.06	72	76.3	1.88
554.6	10.8	10.6	1.02	50	51	1.7
576	2.7	3.2	0.85	14.2	12.1	1.08
605.7	1.6	3.3	0.5	2.3	1.15	0.06
632.7	8.3	23	0.4	1	0.4	-.39

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I. E.

Log.: Logarithme

Tableau 22

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet L. 20 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.1	1.5	1.4	5.8	8.12	.091
471.1	2.9	2	1.45	9.6	13.9	1.14
495.1	19.6	12.2	1.6	22.3	35.9	1.55
554.6	13.4	10.6	1.26	100	126.4	2.1
576	2.4	3.2	0.75	96.9	72.7	1.86
605.7	2.4	3.3	0.73	63.1	46.1	1.66
632.7	22.3	23	0.97	28.5	27.7	1.44
678	2.7	2.7	1	2.7	2.7	0.43

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 23

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet L. 20 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.7	1.5	1.8	44.2	79.6	1.90
471.1	4.4	2	2.2	66.5	146.3	2.17
495.1	25	12.2	2.05	91.5	187.5	2.27
516.2	38	34.3	1.11	98.9	109.8	2.04
538.6	6.5	6.5	1	72	72	1.86
554.6	11	10.6	1.04	50	51.9	1.72
576	2	3.2	0.69	14.2	8.8	0.95
605.7	2.1	3.3	0.64	2.3	1.46	0.17
632.7	3.6	23	0.16	1	0.16	-0.81

PES: Point d'égalité

P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP.: Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 24

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet J. 20 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.8	1.5	1.2	5.8	6.96	0.84
471.1	2.8	2	1.4	9.6	13.4	1.13
495.1	22.8	12.2	1.87	22.3	41.7	1.62
554.6	17.7	10.6	1.67	100	168.9	2.22
576	2.8	3.2	0.88	96.9	84.7	1.93
605.7	4.15	3.3	1.26	63.1	79.4	1.90
632.7	20	23	0.87	28.5	24.8	1.40
678	2.5	2.7	0.93	2.7	2.5	0.40

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 25

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet J. 20 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	3.5	1.5	2.33	44.2	103.1	2.01
471.1	5.2	12.2	2.6	66.5	172.9	2.2
495.1	18.9	12.2	1.55	91.5	141.8	2.15
516.2	34.2	34.3	0.99	98.9	98.6	1.99
538.6	5.3	6.5	0.82	72	58.7	1.77
554.6	8	10.6	0.76	50	37.7	1.58
576	2.7	3.2	0.84	14.2	11.9	1.08
605.7	1.6	3.3	0.48	2.3	1.12	0.05
632.7	21	23	0.91	1	.91	-.04

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 26

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet J. 20 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.1	1.5	1.4	5.8	8.12	0.91
471.1	4.1	2	2.05	9.6	19.7	1.29
495.1	13.5	12.2	1.11	22.3	24.7	1.39
554.6	15	10.6	1.42	100	141.5	2.15
576	2.2	3.2	0.69	96.9	66.6	1.82
605.7	3.9	3.3	1.18	63.1	74.6	1.87
632.7	17	23	0.74	28.5	21.1	1.32
678	2.6	2.7	0.96	2.7	2.6	0.42

PES: Point d'égalité

P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme



Tableau 27

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet J. 20 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.7	1.5	1.1	44.2	48.6	1.69
471.1	3.6	2	1.8	66.5	119.7	2.08
495.1	18.7	12.2	1.53	91.5	140.3	2.15
516.2	38.5	34.3	1.12	98.9	111	2.05
538.6	5.4	6.5	0.83	72	59.8	1.78
554.6	13	10.6	1.20	50	61.3	1.79
576	2.6	3.2	0.81	14.2	11.5	1.07
605.7	0.87	3.3	0.3	2.3	0.61	-0.22
632.7	5	23	0.22	1	0.22	-0.66

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

## Appendice D

### Résultats groupés et individuels des sujets R.A. 30

Tableau 28

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour les sujets R. A. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.7	1.5	1.13	5.8	6.55	0.82
471.1	2.85	2	1.4	9.6	13.4	1.13
495.1	12	12.2	0.98	22.3	21.9	1.34
554.6	10.9	10.6	1.03	100	103	2.01
576	3.65	3.2	1.14	96.9	110.5	2.04
605.7	2.06	3.3	0.62	63.1	39.1	1.59
632.7	14.6	23	0.65	28.5	18.5	1.27
678	1.3	2.7	0.48	2.7	1.3	0.11

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 29

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour les sujets R.A. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.3	1.5	1.5	44.2	66.3	1.82
471.1	3.4	2	1.7	66.5	113.1	2.05
495.1	18.1	12.2	1.4	91.5	128.1	2.11
516.2	37.9	34.3	1.1	98.9	108.8	2.04
538.6	5.3	6.5	0.82	72	59.04	1.77
554.6	9.95	10.6	0.94	50	47	1.67
576	2.3	3.2	0.72	14.2	10.2	1
605.7	0.8	3.3	0.3	2.3	0.69	-1.16
632.7	6.55	23	0.42	1	0.42	-3.8

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 30

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour les sujets R.A. 30 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.05	1.5	1.37	5.8	7.95	0.90
471.1	4.02	2	2	9.6	19.2	1.28
495.1	18.5	12.2	1.5	22.3	33.4	1.5
554.6	11.5	10.6	1.08	100	108	2.03
576	3.45	3.2	1.07	96.9	103.7	2.02
605.7	2.23	3.3	0.67	63.1	42.3	1.63
632.7	18.4	23	0.8	28.5	22.8	1.36
678	1.33	2.7	0.5	2.7	1.35	0.13

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 31

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour les sujets R.A. 30 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.98	1.5	1.32	44.2	58.3	1.77
471.1	5.5	2	2.7	66.5	179.6	2.25
495.1	29.8	12.2	2.4	91.5	219.6	2.34
516.2	41.5	34.3	1.2	98.9	118.7	2.07
554.6	10.2	10.6	0.96	50	48	1.68
576	2.9	3.2	0.91	14.2	12.9	1.11
605.7	0.87	3.3	0.26	2.3	0.60	-0.22
632.7	20.4	23	0.89	1	0.89	-0.05

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 32

Tableau des rapports photopiques obtenus  
pour le sujet R. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.3	1.5	0.87	5.8	5.03	0.70
471.1	2.8	2	1.4	9.6	13.4	1.13
495.1	13.5	12.2	1.11	22.3	24.7	1.39
516.2	33.9	34.3	0.99	60	59.3	1.77
554.6	10.8	10.6	1.02	100	102	2
576	2.8	3.2	0.88	96.9	84.8	1.93
605.7	1.7	3.3	0.52	63.1	32.5	1.51
632.7	13.5	23	0.59	28.5	16.7	1.22
678	0.8	2.7	0.3	2.7	0.8	-0.09

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture de photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 33

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet R. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.7	1.5	1.69	44.2	74.6	1.87
471.1	3.4	2	1.7	66.5	113.1	2.05
495.1	17.1	12.2	1.40	91.5	128.5	2.11
516.2	30.7	34.3	0.9	98.9	88.5	1.95
538.6	4.4	6.5	0.68	72	49	1.7
554.6	12.2	10.6	1.15	50	57.5	1.8
576	1.6	3.2	0.5	14.2	7.1	0.85
605.7	0.7	3.3	0.21	2.3	0.49	-0.31
632.7	1.1	23	0.05	1	0.04	-1

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme



Tableau 34

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet R. en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.65	1.55	1.71	5.8	9.92	0.99
471.1	4.75	2	2.38	9.6	22.8	1.36
495.1	25.7	12.2	2.10	22.3	46.9	1.67
554.6	10.5	10.6	0.99	100	99	2
576	3.7	3.2	1.16	96.9	112.4	2.05
605.7	1.9	3.3	0.58	63.1	36.6	1.56
632.7	24.3	23	1.06	28.5	29.7	1.47
678	0.85	2.7	0.32	2.7	0.86	-0.06

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S. : point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 35

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet R. 30 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2	1.5	1.33	44.2	58.9	1.77
471.1	6.5	2.2	2.95	66.5	196.5	2.29
495.1	27.6	12.2	2.26	91.5	207	2.32
516.2	37	34.3	1.07	98.9	105.8	2.03
554.6	10.4	10.6	0.98	50	49.1	1.69
576	3	3.2	0.94	14.2	13.4	1.13
605.7	0.87	3.3	0.27	2.3	0.62	-21
632.7	23.2	23	1	1	1	0

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 36

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet A. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.13	1.5	1.42	5.8	8.24	0.92
471.1	2.9	2	1.45	9.6	13.9	1.14
495.1	10.5	12.2	0.86	19.2	19.2	1.28
554.6	11	10.6	1.03	100	103	2.02
576	4.5	3.2	1.41	96.9	136.3	2.13
605.7	2.41	3.3	0.73	63.1	46.1	1.66
632.7	15.7	23	0.68	28.5	19.5	1.29
678	1.8	2.7	0.67	2.7	1.8	0.26

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport  
PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 36

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet A. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.13	1.5	1.42	5.8	8.24	0.92
471.1	2.9	2	1.45	9.6	13.9	1.14
495.1	10.5	12.2	0.86	19.2	19.2	1.28
554.6	11	10.6	1.03	100	103	2.02
576	4.5	3.2	1.41	96.9	136.3	2.13
605.7	2.41	3.3	0.73	63.1	46.1	1.66
632.7	15.7	23	0.68	28.5	19.5	1.29
678	1.8	2.7	0.67	2.7	1.8	0.26

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 37

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet A. 30 en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.9	1.5	1.27	44.2	56	1.75
471.1	3.4	2	1.7	66.5	113.1	2.05
495.1	19	12.2	1.56	91.5	142.5	2.15
516.2	45	34.3	1.3	98.9	129.8	2.11
538.6	6.2	6.5	0.95	72	68.7	1.84
554.6	7.7	10.6	0.73	50	36.3	1.56
576	3	3.2	0.94	14.2	13.3	1.12
605.7	0.87	3.3	0.26	2.3	0.60	-0.22
632.7	18	23	0.78	1	0.78	-0.11

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 38

Tableau des rapports PES sur PP photopiques obtenus  
pour le sujet A. 30 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.45	1.5	0.97	5.8	5.61	0.75
471.1	3.29	2	1.65	9.6	15.8	1.2
495.1	11.3	12.2	0.92	22.3	20.6	1.3
554.6	12.5	10.6	1.18	100	118	2.07
576	3.2	3.2	1	96.9	96.9	1.99
605.7	2.55	3.3	0.77	63.1	48.8	1.69
632.7	12.5	23	0.54	28.5	15.5	1.19
678	1.8	2.7	0.67	2.7	1.8	0.26

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 39

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques obtenus  
pour le sujet A. 30 en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.9	1.5	1.3	44.2	57.5	1.76
471.1	4.6	2	2.3	66.5	153	2.19
495.1	32	12.2	2.6	91.5	240	2.38
516.2	46	34.3	1.34	98.9	132.6	2.12
538.6	6.9	6.5	1.06	72	76	1.88
554.6	10	10.6	0.94	50	47.2	1.67
576	2.8	3.2	0.88	14.2	12.4	1.09
605.7	0.88	3.3	0.3	2.3	0.61	-0.21
632.7	17.5	23	0.76	1	0.76	-0.12

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

## Appendice E

### Résultats moyens de tous les sujets



Tableau 40

Tableau des rapports PES sur PP photopiques da la  
moyenne des 6 sujets en champ droit

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.97	1.5	1.3	5.8	7.59	0.88
471.1	2.92	2	1.46	9.6	14	1.15
495.1	19.9	12.2	1.63	22.3	36.4	1.56
554.6	14.2	10.6	1.34	100	134	2.12
576	3.1	3.2	0.97	96.9	94	1.97
605.7	2.72	3.3	0.82	63.1	51.7	1.71
632.7	15.7	23	0.68	28.5	19.4	1.29
678	1.88	2.7	0.70	2.7	1.89	0.28

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 41

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques de la  
moyenne des 6 sujets en champ droit.

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.72	1.5	1.81	44.2	80	1.9
471.1	3.58	2	1.79	66.5	119	2.08
495.1	18.7	12.2	1.53	91.5	140	2.15
516.2	35.9	34.2	1.05	98.9	103.9	2.02
538.6	5.7	6.5	0.88	72	63.4	1.80
554.6	9.9	10.6	0.93	50	46.5	1.67
576	2.5	3.2	0.78	14.2	11.08	1.05
605.7	1.39	3.3	0.42	2.3	0.97	-.01
632.7	12.7	23	.055	1	0.55	-.26

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 42

Tableau des rapports PES sur PP photopiques de la  
moyenne des six sujets en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	1.97	1.5	1.31	5.8	7.6	0.88
471.1	3.57	2	1.78	9.6	17.1	1.23
495.1	17.3	12.2	1.42	22.3	31.7	1.50
554.6	12.9	10.6	1.21	100	121	2.08
576	3.3	3.2	1.03	96.9	99.93	2.08
605.7	3.2	3.3	0.97	63.1	61.2	1.79
632.7	17.8	23	.078	28.5	22.27	1.35
678	1.82	2.7	0.67	2.7	1.82	0.26

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

Tableau 43

Tableau des rapports PES sur PP scotopiques de la  
moyenne des 6 sujets en champ gauche

Longueur d'onde	PES	PP	PES/PP	S	P	Log
452.7	2.4	1.5	1.6	44.2	70.7	1.85
471.1	4.44	2	2.22	66.5	147.6	2.17
495.1	24.8	12.2	2.03	91.5	185.8	2.27
516.2	36.17	34.2	1.15	98.9	113.7	2.06
538.6	5.27	6.5	0.97	72	69.8	1.84
554.6	11	10.6	1.04	50	52	1.72
576	2.67	3.2	0.83	14.2	11.9	1.07
605.7	1.77	3.3	0.54	2.3	1.24	0.09
632.7	9.8	23	0.43	1	0.43	-0.37

PES: Point d'égalité subjectif P. : Produit du rapport

PES/PP par S

PP : Lecture du photomètre

S : Point de la C.I.E.

Log.: Logarithme

## Appendice F

Figures pour chacun des sujets et figure moyenne

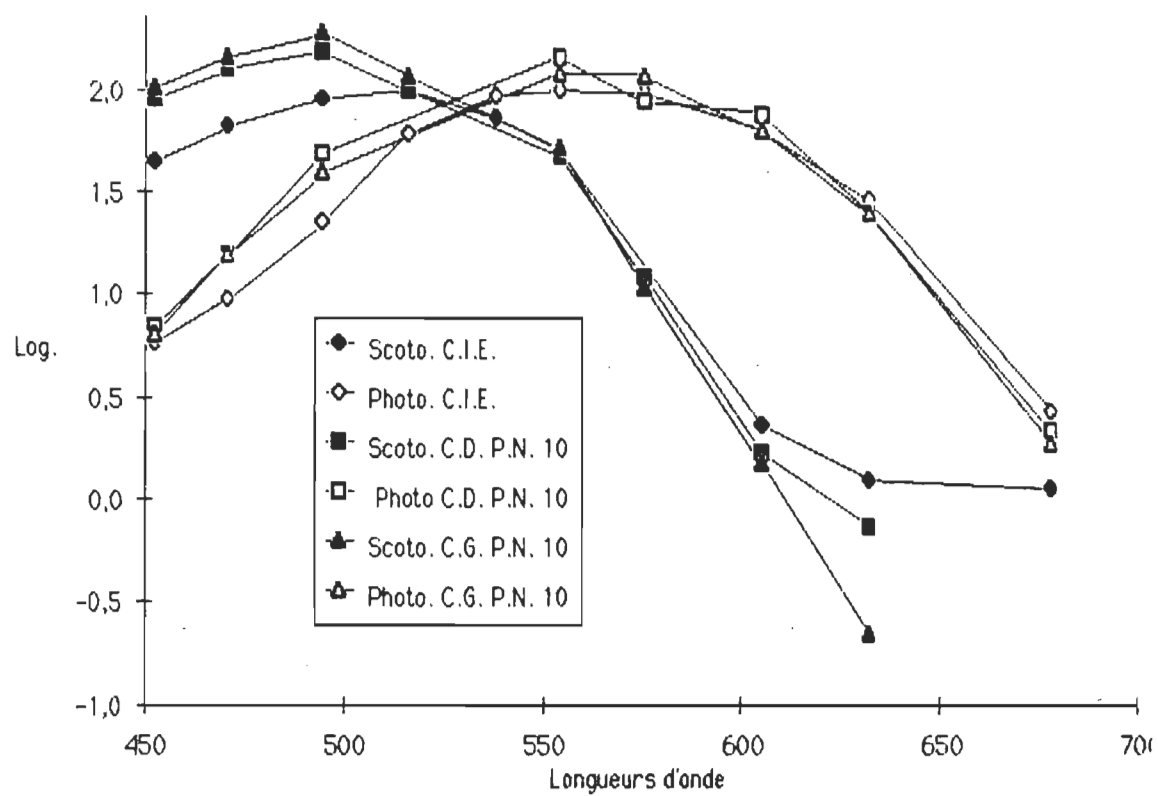


Fig. 8 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques des sujets P.N. 10.

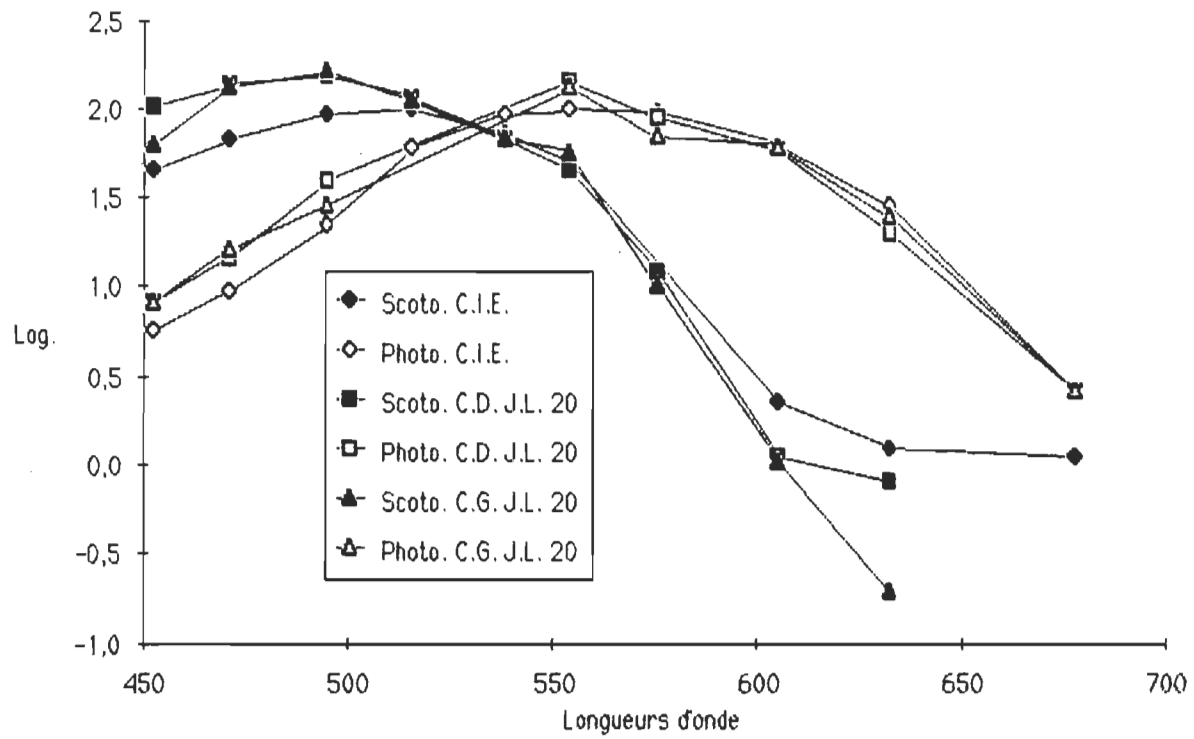


Fig. 9 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques des sujets J.L. 20.

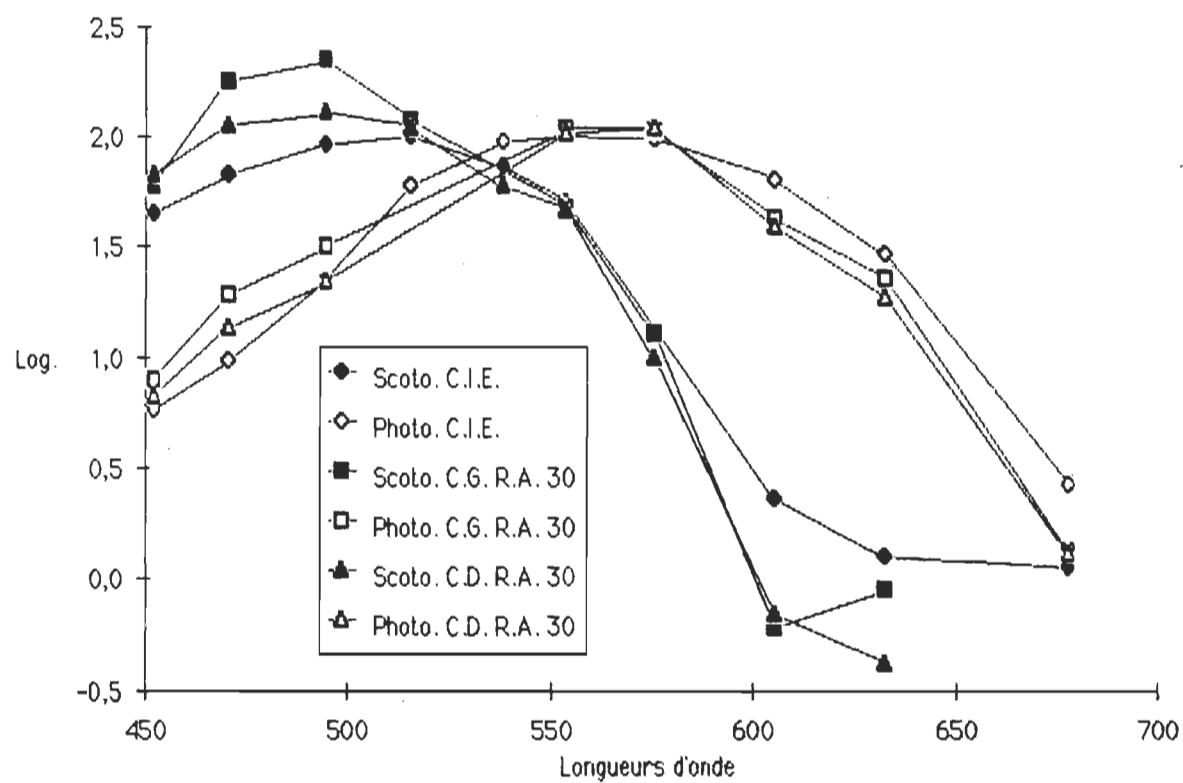


Fig. 10 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques des sujets R. A. 30.



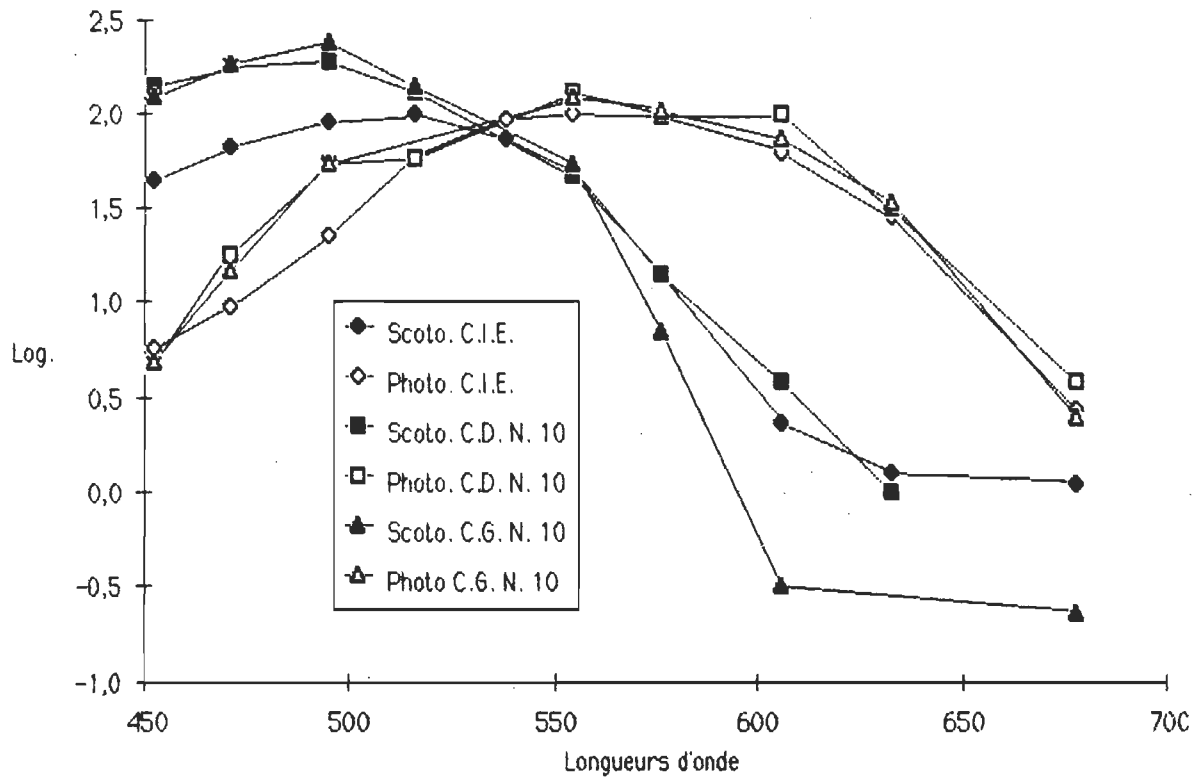


Fig. 11 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques du sujet N. 10.

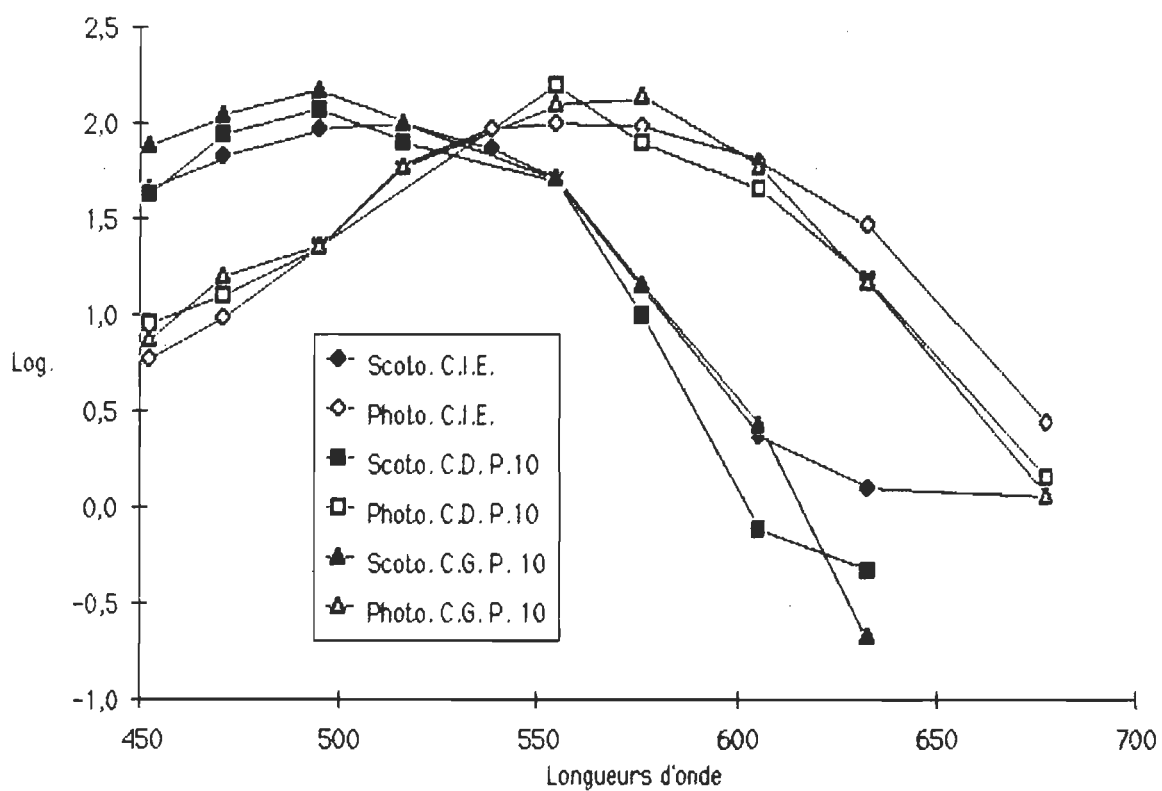


Fig. 12 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques du sujet P. 10.

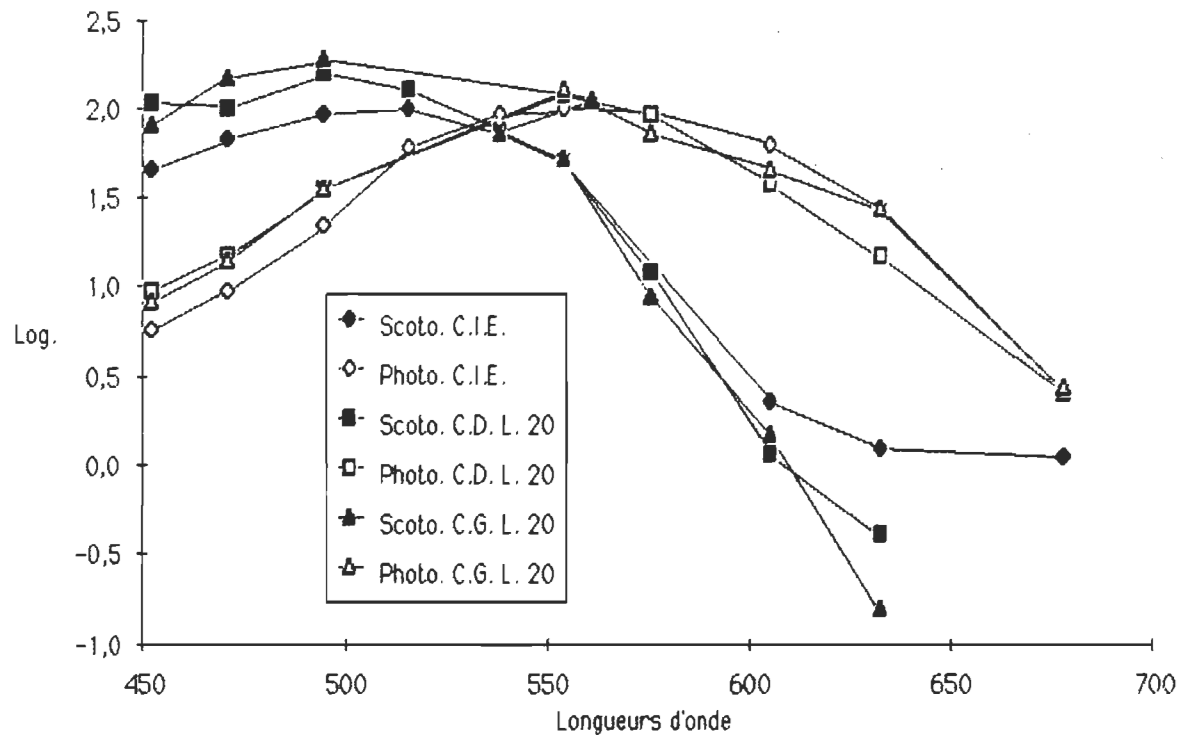


Fig. 13 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques du sujet L. 20.

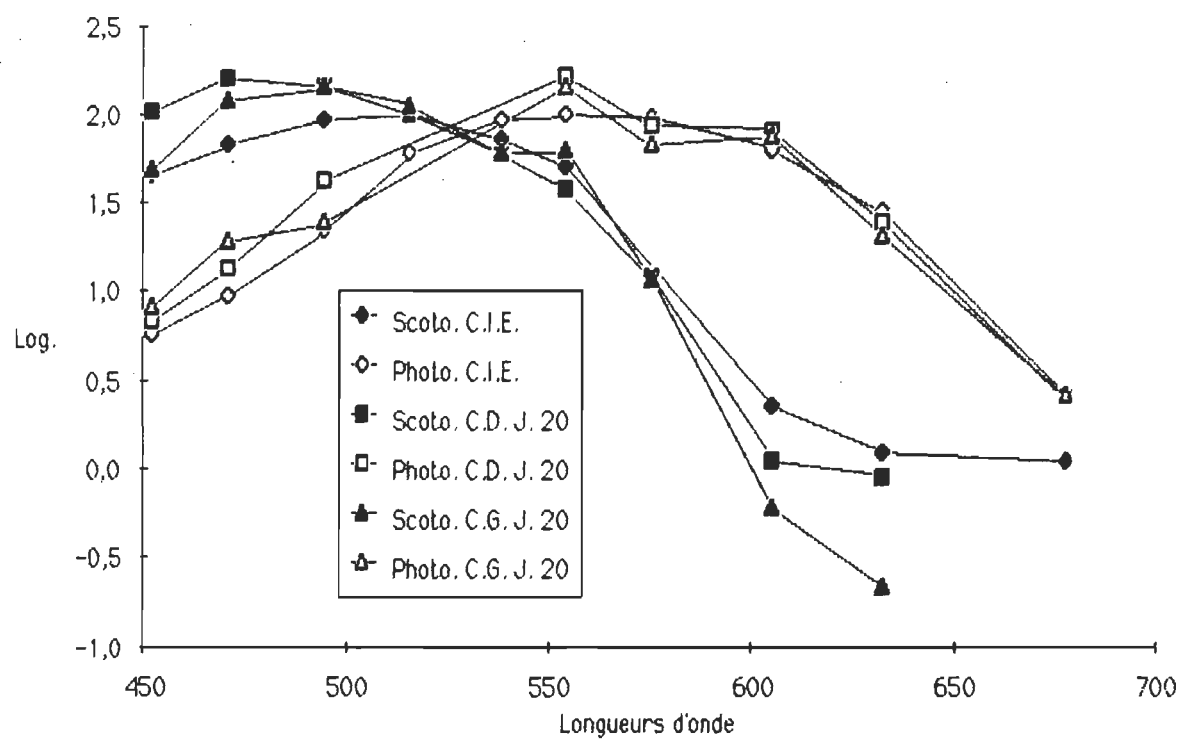


Fig. 14 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques du sujet J. 20.

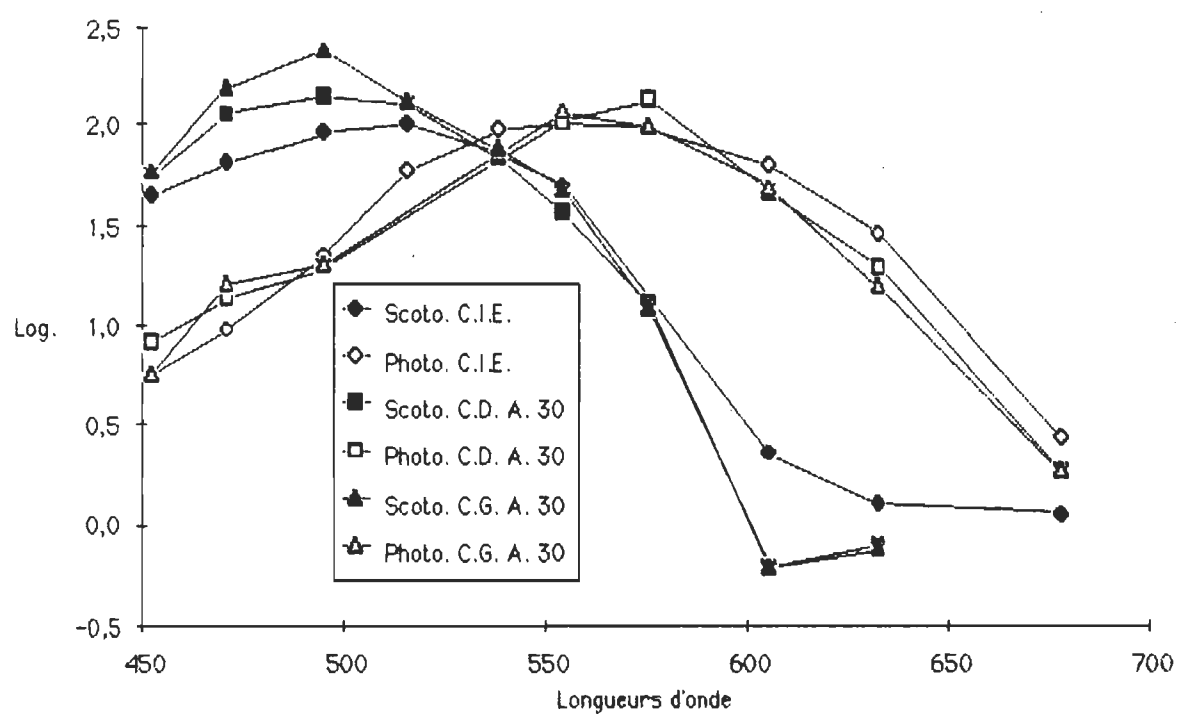


Fig. 15 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques du sujet A. 30.

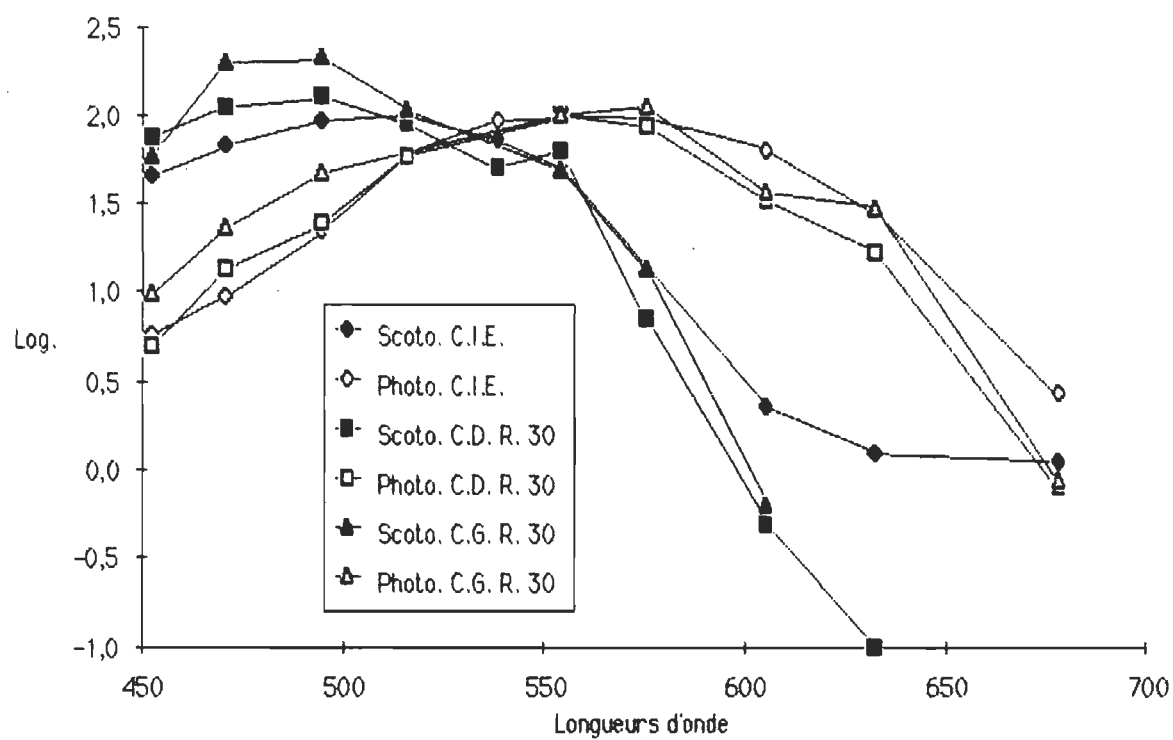


Fig. 16 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques du sujet R. 30.

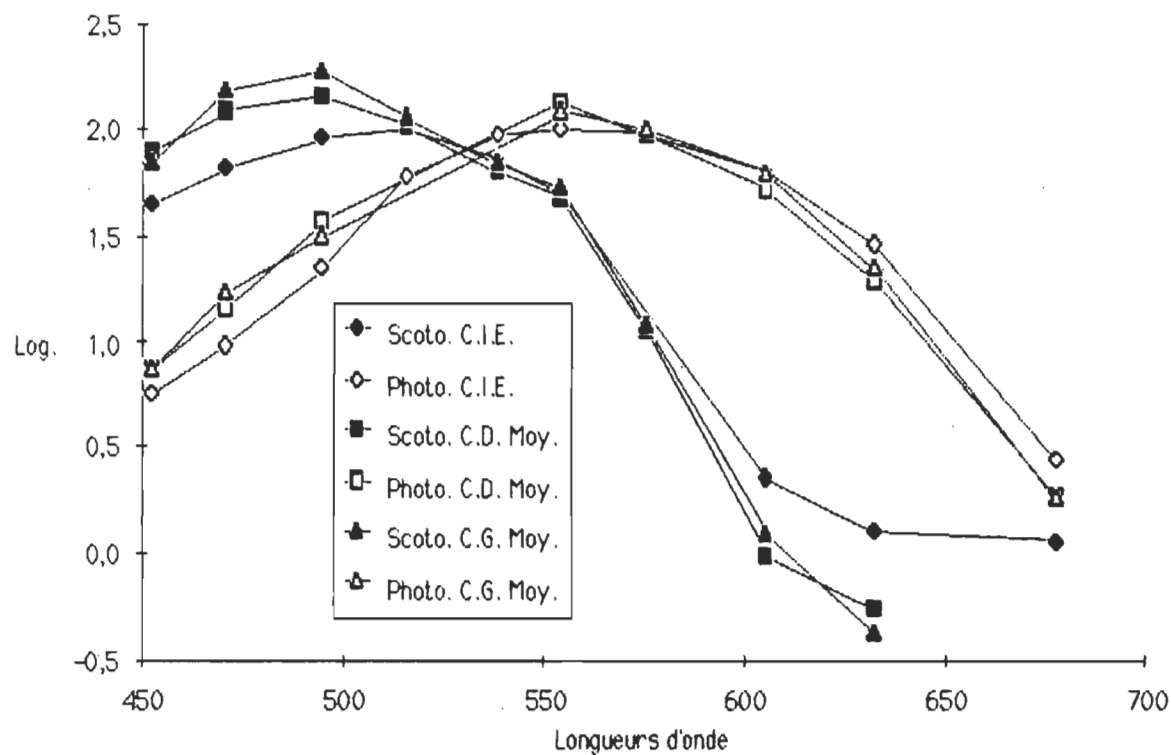


Fig. 17 - Courbes de visibilité photopiques et scotopiques de tous les sujets.

## Appendice G

### Données de l'analyse de variance et données pour la distribution de Student



Programme informatique

Problem Title is "anova 2X8 pour moy photom".

Input file-Photom.

variables are 16.

cases are 6.

format is "(16F5.2)".

Variable names are G1,G2,G3,G4,G5,G6,G7,G8,D1,D2,D3,D4,D5,D6,D7,D8.

Design form is "2(8(y))".

names are cote, filt.

End

Tableau des moyennes scotopiques

Name variable	Cote	Filt	Moyen
G1	1	1	1.70000
G2	1	2	2.33333
G3	1	3	2.10000
G4	1	4	1.16667
G5	1	5	1.01667
G6	1	6	0.78333
G7	1	7	0.48333
G8	1	8	0.43333

Tableau des moyennes scotopiques

Name variable	Cote	Filt	Moyen
D1	2	1	2.00000
D2	2	2	1.90000
D3	2	3	1.60000
D4	2	4	1.08333
D5	2	5	0.93333
D6	2	6	0.78333
D7	2	7	0.56667
D8	2	8	0.60000

Tableau des variations scotopiques

Name variable	Cote	Filt	Variations
G1	1	1	0.65422
G2	1	2	0.63140
G3	1	3	0.48166
G4	1	4	0.15055
G5	1	5	0.09832
G6	1	6	0.19408
G7	1	7	0.37639
G8	1	8	0.36697

Tableau des variations scotopiques

Name variable	Cote	Filt	Variations
D1	2	1	0.85790
D2	2	2	0.56214
D3	2	3	0.28284
D4	2	4	0.25626
D5	2	5	0.17512
D6	2	6	0.17224
D7	2	7	0.52026
D8	2	8	0.37417

Tableau de l'analyse de variance scotopique

Source	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean square	F	Tail prob.
Mean	142.35010	1	142.35010	235.54	0.0000
error	3.02177	5	0.60435		
Cote	0.11344	1	0.11344	0.29	0.6149
error	1.97344	5	0.39469		

Tableau des moyennes photopiques

Name variable	Cote	Filt	Moyen
G1	1	1	1.26667
G2	1	2	1.81667
G3	1	3	1.53333
G4	1	4	1.21667
G5	1	5	1.03333
G6	1	6	0.90000
G7	1	7	0.83333
G8	1	8	0.73333
D1	2	1	1.25000
D2	2	2	1.51667
D3	2	3	1.68333
D4	2	4	1.30000
D5	2	5	0.98333
D6	2	6	0.88333
D7	2	7	0.75000
D8	2	8	1.25000

Tableau des variations photopiques

Name variable	Cote	Filt	Variations
G1	1	1	0.31411
G2	1	2	0.35449
G3	1	3	0.65320
G4	1	4	0.13292
G5	1	5	0.25820
G6	1	6	0.25298
G7	1	7	0.30768
G8	1	8	0.32042
D1	2	1	0.34496
D2	2	2	0.21370
D3	2	3	0.60800
D4	2	4	0.32249
D5	2	5	0.21379
D6	2	6	0.47504
D7	2	7	0.30822
D8	2	8	0.90940

Tableau de l'analyse de variance photopique

Source	Sum of squares	Degrees of freedom	Mean square	F	Tail prob.
Mean	134.66344	1	134.66344	426.57	0.0000
error	1.57844	5	0.31569		
Cote	0.03010	1	0.03010	0.73	0.4325
error	0.20677	5	0.04135		

## Résultats scotopiques

019 032 122 130 045 030 120 011 024 026 253 176 026 023 122 014  
 013 031 310 125 034 038 275 026 012 038 300 132 032 036 290 038  
 021 041 135 150 022 039 170 026 018 028 228 177 028 041 200 025  
 021 029 196 134 024 024 223 027 024 032 200 128 030 018 120 026  
 026 048 257 105 037 019 243 009 013 028 135 108 028 017 135 080  
 014 033 113 125 032 025 125 018 021 029 105 110 045 024 157 018  
 015 020 122 106 032 033 230 027

### Résultats photopiques

027 032 195 340 108 032 038 047 014 026 155 250 106 023 011 108  
 043 055 320 490 110 016 005 033 050 032 260 460 093 032 054 230  
 016 036 187 385 130 026 009 050 035 052 189 342 080 027 016 210  
 027 044 250 380 110 020 021 036 036 030 210 450 108 027 016 083  
 020 065 276 370 104 030 009 232 027 034 171 307 122 016 008 011  
 019 046 320 460 100 028 009 175 019 034 190 450 077 030 009 180  
 015 025 122 342 106 032 033 230

### Programme de terminaison

BMDP, T100.  
 USER,TRRASTA.  
 CHARGE,\*.  
 DEFAULT CHARGE NULL.  
 \$PROLONG, PROC 1,...  
 \$SETFS, PROC1/FS-AD.  
 PROC1.  
 \$IFE (OT.EQ.TXO,PRO1).  
 \$ELSE, PRO1  
 \$COUT, D.  
 \$ENQUO, PRO1.  
 \$RETURN, PROC1.  
 REVERT.

GET,PHOTOS,SCOTOS.

RUN,SC,BMDP/.2V.

BEGIN,,PRC.

\$RETURN, PRC.

BEGIN, BMDP, ZZZZCU, 2V.

\$OFF, DAYFILE.

UQCARDS - REQUEST COMPLETE.

BMDP.

STOP

115300 MAXIMUM EXECUTION FL.

3.075 CP SECONDS EXECUTION TIME.

\$REVERT. BMDP2V \*\*\*CONCLUSION NORMALE

\$RETURN, ZZZZCU.

\$REVERT. RUN

DAYFILE, YYY.

USER DAYFILE PROCESSED.

REPLACE OUTPUT.

COPY,OUTPUT, RESSCOT.

EOI ENCOUNTERED.

REPLACE, RESSCOT.

EXIT.

UEAD, 0.001KUNS.

UEPF, 0.108KUNS.

UEMS, 7.691KUNS.

UECP, 4.246SECS.



AESR,, 7.838UNTS.

\$OUT (\*OP - E)

NO FILES PROCESSED

\$DAYFILE (OUTPUT, JT - D)

EOI ENCOUNTERED.

### Résultats pour la distribution des students des données scotopiques

#### Scotopique

X0760X1064X1464X0980X0509X0142X0027X0002	C.G.
X0413X0865X1163X0721X0500X0102X0008X0005	C.D.
X1238X1828X2400X1385X0550X0071X0003X0002	C.G.
X1414X1729X1922X1286X0465X0142X0377X0010	C.D.
X0486X1197X1403X1110X0613X0115X0006X0002	C.G.
X1031X1729X1418X0986X0377X0120X0011X0009	C.D.
X0796X1463X1875X1098X0519X0088X0015X0002	C.G.
X1061X0998X1556X1286X0763X0510X0121X0012	C.D.
X0589X1965X2070X1058X0491X0134X0006X0010	C.G.
X0746X1131X1285X0885X0575X0071X0005X0001	C.D.
X0575X1530X2400X1306X0472X0124X0006X0008	C.G.
X0560X1131X1425X1298X0363X0133X0006X0008	C.D.

X0442X0665X0915X0500X0142X0023X0010

Moyenne population

### Remerciements

L'auteur désire exprimer sa gratitude à son directeur de thèse, Monsieur Maurice Ptito, Ph. D., professeur agrégé, à qui il est redevable d'une assistance constante et éclairée.

De plus, l'auteur exprime sa reconnaissance aux personnes qui lui ont fourni une aide précieuse comme conseillers (ère) au cours de cette recherche: Gaétan St-Arnaud, M. S.S., M. Ed., Marise Lassonde, Ph. D., Louis Dionne, M. B.A. et Franco Leporé, Ph. D.

Il remercie sincèrement les personnes qui ont participé comme sujets à l'expérimentation: Rollande Caron, Andrée De Lachevrotière, Patrice Veillette, Nicole Héon, Josée St-Arneault et Lina Nany. Sans eux, il n'aurait pas été possible de l'actualiser.

## Références

- ABRAMOV, I., GORDON, J. (1977). Color vision in the peripheral retina: I. spectral sensitivity. Journal of the optical society of america, 67, 195-202.
- AGUILAR, M., STILES, W. S. (1954). Saturation of the rod mechanism of the retina at high levels of stimulation. Optometry acta, 1, 59-65.
- ARMINGTON, J. C., KRAUDKSOPF, J., WOOTEN, B. R. (1978). Visual psychophysics and physiology. Academic Press, N.Y.
- BEVER, T. G., CHARELLO, R. J. (1974). Cerebral dominance in musicians and nonmusicians. Science, 185, 537-539.
- BAKAN, P. (1977). Nous rêvons à droite, nous pensons à gauche. Psychologie, 82, 33-36.
- BOYTON, R. M., SCHAFER, W., NEUN, M. E. (1964). Hue-wavelength relation measured by color-naming method for three retinal locations. Science, 146, 666-668.
- BLUMSTEIN, S., COOPER, W. E. (1974). Hemispheric processing of intonation contours. Cortex, 10, 146-158.
- BOYNTON, R. M. (1979). Human color vision. Holt, Rinehart et Winston, New York.
- BRADSHAW, J. L., NETTLETON, N. C., MAPP, A. (1982). Laterally presented words: Orthographic analysis and serial, parallel or holistic modes of processing. Australian journal of psychology, 34, 71-90.

- BRANCH, C., MILNER, B., RASMUSSEN, T. (1964). Intercarotid sodium amytal for the lateralization of cerebral speech dominance. Journal of neurosurgery, 21, 399-405.
- BROWN, W. R. L. (1951). The influence of luminance level on visuel sensitivity to color differences. Journal of the optical society of america, 41 684-688.
- CARDU, B., PTITO, M., DUMONT, M., LEPORE, F. (1975). Effets of ablations of the superior colliculi on spectral sensitivity in monkeys. Neuropsychologia, 13, 297-306.
- C.I.E. (1968). C.I.E. Publication No. 14A, Compte-rendu XVI session, Washington, June 1967, Paris, C.I.E.
- DAVIDOFF, J. B. (1975). Hemispheric differences in the perception of lightness. Neuropsychologia, 13, 121-124.
- DAVIDOFF, J. B. (1976). Hemispheric sensitivity differences in the perception of colour. Quarterly Journal of experimental psychology, 28, 387-394.
- EFRON, R. (1963b). The effect of stimulus intensity on the perception of simultaneity in right and left handed subjects. Brain, 86, 285-294.
- DEE, H. L. (1971). Auditory asymmetry and strength of manual preference. Cortex, 7, 410-418.
- DIMOND, S. J., BEAUMONT, G. (1972). Hemispheric function and color naming. Journal of experimental psychology, 96, 87-91.
- DRASDO, N. (1977). The neural representation of visual space, Nature, 266, 554-556.

- DRUM, B. (1984). Cone response latency and log sensibility: proportional changes with light adaptation. Vision research, 24, 323-331.
- DURNFORD, M., KIMURA, D. (1971). Right hemisphere specialization for depth perception reflected in visual field differences. Nature, 231.
- DYER, F. N. (1973). Interference and facilitation for color naming with separate bilateral presentations of the word and color. Journal of experimental psychology, 99, 314- 317.
- GALIN, D., ORNSTEIN, R. E. (1972). Lateral specialisation of cognition mode: an EER study. Psychophysiology, 9, 412-418.
- GALIN, D. (1974). Implications for psychiatry of left and right cerebral specialisation. A neurophysiological context for unconscious processes. Archives of general psychiatry, 31, 572- 583.
- GARDNER, H. (1975). The shattered mind ( the person after brain damage). New York: Knopf.
- GARDNER, H. (1981). Le cerveau gauche ne comprend pas la plaisanterie! Trad, par F. Siety,. Psychologie, 137, 29-32.
- GATES, A., BRADSHAW, J. L. (1977). Music perception and cerebral asymmetries. Cortex, 13, 390-401.
- GAZZANIGA, M. S. (1967). The split brain in man. Scientific america, 8, 217.
- GAZZANIGA, M. S. (1971). Language and speech capacity of the right hemisphere. Neuropsychologia, 9, 273-280.
- GAZZANIGA, M. S., LE DOUX, J. E. (1978). The integrated mind. New York: Plenum Press.

- GELLERMAN, L. W. (1933). Chance order of alternating stimuli in visual discrimination experiments. Journal of genetic psychology, 42, 207-208.
- GIBSON, K. S., TYNDALL, E. P. T. (1923). Visibility of radiant Energy. Bull. bur. stand., 19, 131.
- GOODBLASS, H., CALDERON, M. (1977). Parallel processing of verbal and musical stimuli in right and left hemispheres. Neuropsychologia, 15, 397-407.
- GORDON, H. L. (1970). Hemispheric asymmetries in the perception of musical chords. Cortex, 6, 387-398.
- GORDON, H. W. (1978). Left hemispheric dominance for rhythmic elements in dichotically-presented melodies. Cortex, 14, 58-70.
- GORDON, J. (1977). Color vision in the peripheral retina. 1 Spectral Sensitivity. Journal of the optical society of america, 67, 207-212.
- GORDON, J. (1977). Color vision in the peripheral retina. 11. Hue and saturation. Journal of the optical society of america, 67, 202-207.
- GRAHAM, B. A. (1972). Color vision in the peripheral visual field. Ph. D. Dissertation. Indiana University, Available through Xerox Microfilms. Ann Arbor Michigan.
- GRAHAM, B. V., GUTH, S. L. (1971). Heterochromatic additivity of the peripheral visual field in the light-adapted state. Vision and ophthalmology, 1971.
- GRAHAM, B., HOLLAND, R., SPARKS, D. (1975). Relative spectral sensitivity to short wavelength light in the peripheral visual field. Vision research, 15, 313-316.

- HANNAY, H. J. (1979). Asymmetry in reception of colors. Brain and language, 8, 191-201.
- HECAEN, H. (1977). La dominance cérébrale. La recherche, 8, 238-244.
- HSIA, Y., GRAHAM, C.H. (1966). Color blindness. Vision and Visual Perception, pp. 395-413. Wiley, New York.
- ISHIARA, S. (1960). Test for colour blindness. Kanekara Shuppan Co. Ltd.
- JOHNSON, M. A. (1986). Color vision in the peripheral retina. American journal of optometry and physiological optics, 63, 97-103.
- JULESZ, B., BREITMEYER, B., KROPFL, W. (1976). Binocular-disparity-dependent upper-lower hemifield anisotropy and left-right hemifield isotropy as revealed by dynamic random-dot stereograms. Perception, 5, 129-141.
- KINNEY, J. A. S. (1955). Sensitivity of the eye to spectral radiation at scotopic and mesopic intensity levels. Journal of the optical society america, 45, 507-514.
- KINNEY, J. A. S. (1963). Comparaison of scotopic, mesopic, and photopic spectral sensitivity curves. Journal of the optical society america, 48, 85-190.
- KING-SMITH, P. E. (1975). Visual detection analysed in terms of luminance and chromatic signals. Nature, 255, 69-70.
- KINSBOURNE, M. (1981). Sad hemisphere, happy hemisphere. Psychology today, May, 92.
- KIMURA, D. (1964). Left-right differences in the perception of melodies. Quarterly journal of experimental psychology, 16, 355-358.



- KIMURA, D. (1973). The asymmetry of human brain. Scientific americana, 228, 70-78.
- KLEIN, D., MOSCOVITCH, M., VIGNA, C. (1976). Attentional mechanisms and perceptual asymmetries in tachistoscopic recognition of words and faces. Neuropsychologia, 14, 495-498.
- KOCH, S.A., DONALD, J. POLZELLA, J., DA POLITO, F. (1980). Cerebral asymmetry in the perceived duration of color stimuli. Perceptual and motor skills, 50, 1239-1246.
- KOLB, B. (1978). Human neuropsychology (notes de cours) Alberta: University of Lethbridge.
- KUYK, T. K. (1982). Spectral sensitivity of the peripheral retina to large and small stimuli. Vision research, 22, 1293-1297.
- LE GRAND, Y. (1960). Les yeux et la vision. Paris: Dunod. Edition Science et progrès 287 p.
- LEPORE, F., CARDU, B., RASMUSSEN, T., MALMO, R. B. (1975). Rod and cone sensitivity in destriate monkeys. Brain research, 93, 203-221.
- LIE, I. (1963). Dark adaptation and the photochromatic interval. Documenta ophthalmologica, 17, 411-510.
- MARZI, C. A., BRIZZOLARA, D., RIZZOLATTI, G., UMILTA, C., BERLUCCHI, G. (1974). Left hemisphere superiority for the recognition of well known faces. Brain research, 66, 358-559.
- MALONE, D. R., HANNAY, H. J. (1978). Hemispheric dominance and normal color memory. Neuropsychologia, 16, 51-59.

- MILNER, B. (1973). Hemispheric specialization: Scope and limits. In F. O. Schmitt and F. G. Wordan (Eds): The neurosciences, third study program. Cambridge: MIT Press.
- MILNER, B. (1974). The neurosciences: Third research program F. O. Schmitt and F. G. Worden (Eds). Cambridge: MIT Press.
- MORELAND, J., CRUZ, A. (1959). Colour perception with the peripheral retina. Optica Acta, 6, 117-151.
- MOSCOVITCH, M. (1976). On the representation of language in the right hemisphere of right-handed people. Brain and language, 3, 47-71.
- MOSCOVITCH, M. (1976). On interpreting data regarding the linguistic competence and performance of the right hemisphere: A reply to celnes. Brain and Language, 3, 590-599.
- MOSKOWITZ-COOK, A. (1979). The development of photopic spectral sensitivity in human infants. Vision research, 19, 113-1142.
- NEBES, R. D. (1973). Perception of spatial relationship by the right and left hemispheres of commissurotomed man. Neuropsychologia, 11, 285-289.
- NOORLANDER, C., HEUTS, M. J. G., KOENDERINK, J. J. (1980). Influence of the target size on the detection threshold for luminance and chromaticity contrast. Journal of the optical society of america, 71, 1121-1161.
- NOORLANDER, C., HEUTS, M. J. G., KOENDERINK, J. J. (1981). Sensitivity to spatiotemporal combined luminance and chromaticity contrast. Journal of the optical society of america, 71, 453-459.
- ORNSTEIN, R. E. (1973 b). On pense à gauche, on aime à droite. Psychologie, 44, 27-31.

- ORNSTEIN, R. E. (1973 b). The psychology of consciousness. New York: Viking Press.
- OSTERBERG, G. (1935). Topography of the layer of rods and cones in the human retina. Acta ophtalmologica, 6, 1-102.
- PATTERSON, K., BRADSHAW, J. L. (1975). Differential hemispheric mediation of non verbal visual stimuli. Journal of experimental psychology, 1, 246-252.
- PENNAL, B. E. (1977). Human cerebral asymmetry in color discrimination. Neuropsychologia, 15, 563-568.
- PERENIN, M.T. JEANNEROD, M. (1978). Visual function within the hemianopic field following early cerebral hemidecortication in Man - I. Spatial localization. Neuropsychologia, 16, 1-13.
- PINCUS, J. H., TUCKER, G. J. (1978). Behavioral neurology, 2<sup>e</sup> éd. New York: Oxford University Press.
- PIROT, M., PULTON, T.W., SUTKER, L.W. (1977). Hemispheric asymmetry in reaction time to color stimuli. Perceptual and motor skills, 45, 1151-1155.
- POLYAK, S. L. (1941). The retina. University of Chicago Press, Chicago.
- POLZELLA, D., POLITO, F., HINSMAN, M.C. (1977). Cerebral asymmetry in time perception. Perception and psychophysics, 21, 187-192.
- POPPEL, E., HELD, R., FROST, D. (1975). Residual visual function after brain wounds involving the central visual pathways in man. Nature (Lond.), 243, 295.
- PTITO, A., LASSONDE, M., LEPORE, F., PTITO, M. Visual discrimination in hemispherectomized patients. Neuropsychologia (in press).

- RIGGS, L. A. (1965). Vision and visual perception. Wiley, New York.
- ROVAMO, J., VIRSU, V. (1979). An estimation and application of the human cortical magnification factor. Experimental brain research, 37, 495-510.
- RUGGIERI, V., MORELLI, A. (1985). Chromatic perception in relation to an hypothesized cerebral dominance. Perceptuel and motor skills, 60, 583-589.
- SCHMIT, V., DAVIS, R. (1974). The role of hemispheric specialization in the analysis of stroop stimuli. Acta psychologica, 38, 149-158.
- SERAGENT, J. (1982). Influence of luminance on hemispheric processing. Bulletin of the psychonomic society, 20, 221-223.
- SERAGENT, J. (1982). The cerebral balance of power confrontation or cooperation. Journal of experimental psychology human perception and performance, 8, 253-272.
- SERAGENT, J. (1982). Theoretical and methodological consequences of variations in exposure duration in visual laterality studies. Perception of psychophysica, 31, 451-461.
- SPERLING, H. G., HSIA, Y. (1957). Some comparisons among spectral sensitivity data obtained in different retinal locations and with two sizes of foveal stimulus. Journal optical society fo america, 47, 707-713.
- STABELL, B., STABELL, U. (1980). Extrafoveal spectral sensitivity during dark adaptation. Journal of the Optical Society of America, 65, 112-121.

- STABELL, B., STABELL, U. (1980). Spectral sensitivity in the far peripheral retina. Journal of the optical society of america, 70, 959-963.
- STABELL, B., STABELL, U. (1981). Absolute spectral sensitivity at different eccentricities. Journal of the optical society of america, 71, 836-840.
- STABELL, U., STABELL, B. (1980). Variation in density of macular pigmentation and in short-wave cone sensitivity with eccentricity. Journal of the optical society of america, 70, 706-711.
- STABELL, U., STABELL, B. (1981). Spectral sensitivity of the dark-adapted extrafoveal retina at photopic intensities. Journal of the optical society of america, 71, 841-844.
- STABELL, U., STABELL, B. (1984). Color-vision mechanisms of the extrafoveal retina. Vision research, 24, 1969-1976.
- UCHIKAWA, H., KAISER, P. K., UCHIKAWA, K. (1982). Color-discrimination perimetry, Color, 7, (264-272).
- UMILTA, C., BAGNARA, S., SIMION, F. (1978). Laterality effects for simple and complex geometrical figures and nonsense patterns. Neuropsychologia, 16, 43-49.
- VAN DER HORST, G. J. C., BOUMAN, M. A. (1969). Spatiotemporal chromaticity discrimination. Journal of the optical of society of america, 59, 1482-1488.
- VAN ESCH, J. A., KOLDENKOF, E. E., VAN DOORN, A. J., KOENDERINK, J. J. (1984). Spectral sensitivity and wavelength discrimination of the human peripheral visual field. Journal of the optical society of america, 1, 443-450.

- VERRIEST, G., UVIJLS, A. (1979). Central and peripheral increment thresholds for white and spectral lights on a white background in different kinds of congenitally defective colour vision. Brain research, 32, 213-254.
- WALTERS, H. V., WRIGHT, W. D. (1943). The spectral sensitivity of the fovea and extrafovea in the Purkinje range. Proc. R. society london, 131, 340-361.
- WALD, G. (1945). Human vision and the spectrum. Science, 101, 653-658.
- WALD, G. (1971). Blue-blindness in the normal fovea. Journal of optical society of america, 57, 1289.
- WEALE, R. A. (1951). The foveal and para-central spectral sensitivities in man. Journal of physiology, 114, 435-446.
- WEALE, R. A. (1953 a b). Spectral sensitivity and wavelength discrimination of the peripheral retina. Journal of physiology londre, 119, 170-190.
- WEALE, R. A. (1956). Problems of peripheral vision, British journal ophthalmology, 40, 392-415.
- WEISKRANTZ, L., WARRINGTON, E.K., SANDERS, M.D., MARSHALL, J. (1974). Visual capacity in the hemianopic field following a restricted occipital ablation. Brain, 97, 709.
- WOOTEN, B. (1972). Photopic and scotopic contributions to the human visually evoked cortical potential. Vision research, 12, 1647-1660.
- WOOTEN, B. B., FULD, K., SPILLMANN, L. (1975). Photopic spectral sensitivity of the peripheral retina. Journal of the optical society of america, 65, 334-342.

- WOOTEN, B. R., WALD, G. (1973). Color-vision mechanisms in the peripheral retinas of normal and dichromatic observers. Journal general of physiology, 61, 125-145.
- ZAIDEL, E. (1976). Auditory vocabulary of the right hemisphere following brain bisection or hemidecortication. Cortex, 12, 283-289.
- ZAIDEL, E., SCHWEIGER, A. (1984). On wrong hypotheses about the right hemisphere: Commentary on K. Patterson and D. Besner, "Is the right hemisphere literate?" Cognitive neuropsychology, 1, 351-364.
- ZIHL, J., VON CRAMON, D. (1982). Restitution of visual field in patients with damage to the geniculostriate visual pathway. Human neurobiology, 1, 5-8.